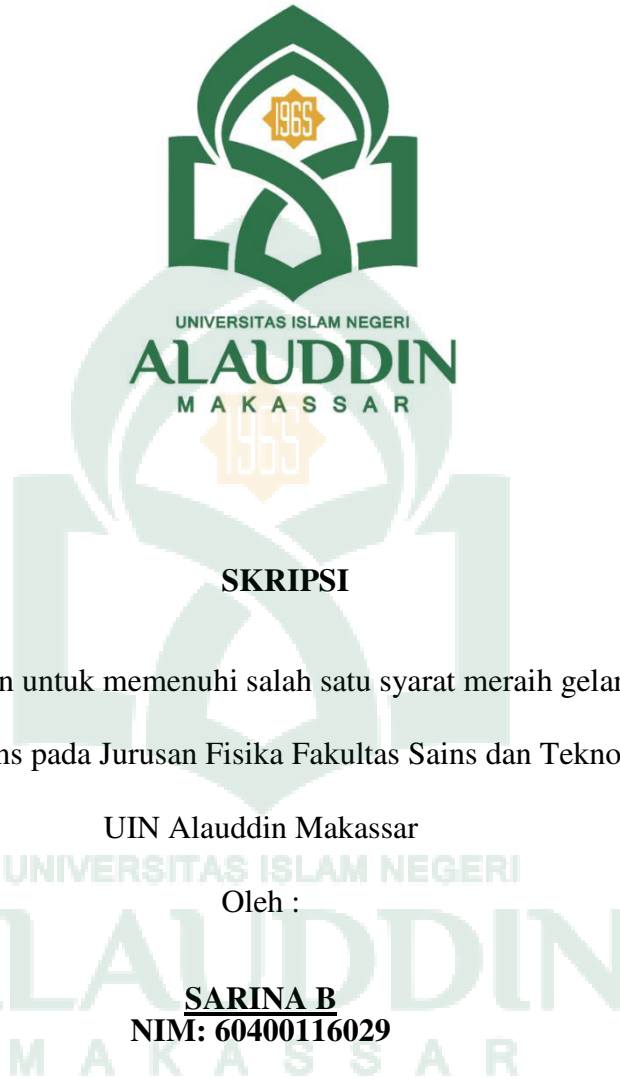


**STUDI POTENSI ENERGI LISTRIK DARI TANAMAN HIAS DENGAN  
METODE *PLANT MICROBIAL FUEL CELL* (P-MFC)**



**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat meraih gelar  
Sarjana Sains pada Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Alauddin Makassar

Oleh :

**SARINA B**  
**NIM: 60400116029**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN MAKASSAR**

**2020**

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Mahasiswa yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sarina B  
NIM : 60400116029  
Tempat/Tgl. Lahir : Nangka –nangkae, 15 maret 1997  
Jurusan : Fisika  
Fakultas/Program : Sains dan Teknologi  
Alamat : Samata  
Judul : Studi Potensi Energi Listrik Dari Tanaman Hias Dengan Metode *Plant-Microbial Fuel Cell* (P-MFC) Studi Potensi Energi Listrik Dari Tanaman Hias Dengan Metode *Plant-Microbial Fuel Cell* (P-MFC)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan penuh kesadaran bahwa skripsi ini adalah hasil karya sendiri. Jika dikemudian hari terbukti bahwa ia merupakan duplikat, plagiat atau dibuat orang lain sebagian atau seluruhnya, maka skripsi dan gelar yang diperoleh karenanya batal dami hukum.

Samata, 6 Agustus 2020

Penulis

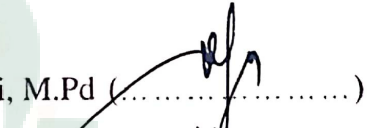
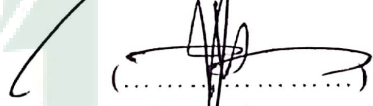

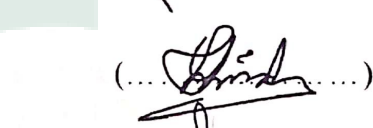


**SARINA B**  
**NIM: 60400116029**

## PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi yang berjudul, “**Studi Potensi Energi Listrik Dari Tanaman Hias Dengan Metode *Plant Microbial Fuel Cell (P-MFC)***” yang disusun oleh **Sarina B**, NIM : **60400116029**, mahasiswa Jurusan Fisika pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar, telah diuji dan dipertahankan dalam Ujian Munaqasyah yang diselenggarakan pada hari Senin, tanggal 31 Agustus 2020 , dinyatakan telah dapat diterima sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana dalam ilmu Sains, Jurusan Fisika.

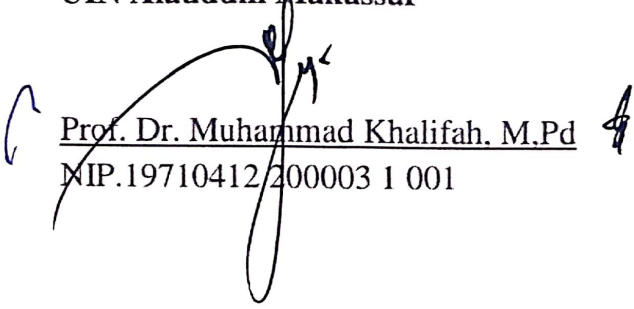
Makassar, 31 Agustus 2020  
12 Muharram 1442 H

### DEWAN PENGUJI

Ketua	: Prof.Dr. Muh. Halifah Mustami, M.Pd (.....)	
Sekretaris	: Ihsan, S.Pd., M.Si (.....)	
Munaqisy I	: Fitriyanti, S.Si., M.Sc (.....)	
Munaqisy II	: Dr. Sohrah, M.Ag (.....)	
Pembimbing I	: Rahmaniah, S.Si., M.Si (.....)	
Pembimbing II	: Iswadi, S.Pd., M.Si (.....)	

Diketahui Oleh:

**Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Alauddin Makassar**

  
Prof. Dr. Muhammad Khalifah, M.Pd  
NIP.19710412200003 1 001

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah menghantarkan segala apa yang ada di muka bumi ini menjadi berarti. Tidak ada satupun sesuatu yang diturunkan-Nya menjadi sia-sia. Sungguh kami sangat bersyukur kepada-Mu Ya Rabb. Hanya dengan kehendak-Mulah, Skripsi yang berjudul “**Studi Potensi Energi Listrik Dari Tanaman Hias Dengan Metode *Plant-Microbial Fuel Cell* (P-MFC) Studi Potensi Energi Listrik Dari Tanaman Hias Dengan Metode *Plant-Microbial Fuel Cell* (P-MFC)**” ini dapat terselesaikan secara bertahap dengan baik. Shalawat dan salam senantiasa kita haturkan kepada junjungan Nabi besar kita Rasulullah SAW sebagai satu-satunya uswah dan qudwah dalam menjalankan aktivitas keseharian di atas permukaan bumi ini.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan baik dari segi sistematika penulisan, maupun dari segi bahasa yang termuat di dalamnya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun senantiasa Penulis harapkan guna terus menyempurnakannya.

Salah satu dari sekian banyak pertolongan-Nya adalah telah digerakkan hati sebagian hamba-Nya untuk membantu dan membimbing Penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini. Oleh karena itu, Penulis menyampaikan penghargaan dan banyak ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada mereka yang telah memberikan andilnya sampai Skripsi ini dapat diselesaikan.

Tanpa mengurangi rasa hormat, Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebanyak-banyaknya atas ketulusan Ayahanda Baddudan Ibunda Ruga yang segenap hati dan jiwanya mencurahkan kasih sayang serta doanya yang tiada

henti-hentinya demi kebaikan, kebahagiaan dan keberhasilan Penulis, sehingga bisa menjadi orang yang seperti sekarang ini.

Selain kepada kedua orang tua, Penulis juga menyampaikan banyak terima kasih kepada Ibu **Rahmania, S.Si., M.Si** selaku pembimbing I yang dengan penuh ketulusan hati meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing, mengajarkan, mengarahkan dan memberi motivasi kepada penulis agar dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik. Kepada Ibu **Iswadi, S.Pd., M.Si** selaku pembimbing II yang dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing dan mengajarkan kepada Penulis dalam setiap tahap penyelesaian penyusunan skripsi ini sehingga dapat selesai dengan cepat dan tepat.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak dengan penuh keikhlasan dan ketulusan hati. Untuk itu, pada kesempatan ini, Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. H. Hamdan Juhanis, MA., Ph.D.**, selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar yang telah memberikan andil dalam melanjutkan pembangunan UIN Alauddin Makassar dan memberikan berbagai fasilitas guna kelancaran studi kami..
2. Bapak **Prof. Dr. Muhammad Halifah Mustami, M.Pd.**, selaku Dekan Fakultas Sains Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar.
3. Ibu **Ihsan, S.Pd., M.Si.**, selaku ketua Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.
4. Bapak **Muh. Said. L, S.Si., M.Pd.**, selaku sekertaris Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar dan sekaligus sebagai pembimbing akademik yang telah banyak berkontribusi dan memberikan masukan kepada penulis selama penyusunan skripsi.

5. Ibu **Fitriyanti, S.Si., M.Sc.**, dan **Dr. Sohrah, M.Ag.**, selaku penguji I dan penguji 2 yang senantiasa memberikan kritikan dan masukan untuk perbaikan skripsi ini.
6. Dosen Pengajar Jurusan Fisika Ibu **Hernawati, S.Pd., M.Pfis.**, dan Ibu **Ayusari Wahyuni, S.Si., M.Sc.**, Ibu **Kurniati Abidin, S.Si., M.Si.**, Ibu **Sri Zelviani, S.Si., M.Sc.** dan dosen lainnya yang telah mencurahkan tenaga, pikiran serta bimbingannya dalam memberikan berbagai ilmu pengetahuan di bangku kuliah serta kepada staf administrasi jurusan fisika ibu **Hadiningsih, S.E.**
7. Bapak **Muhtar, S.T., M.T** Bapak **Abdul Mun'im, S.T.**, sebagai laboran yang telah membantu di laboratorium Fisika Fakultas Sains dan Teknologi.
8. Bapak dan Ibu Biro Akademik yang ada dalam lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi yang selalu siap dan sabar melayani penulis dalam pengurusan berkas akademik.
9. Terkhusus kepada senior-senior jurusan fisika Kak **Basmanto**, dan Kak **M. Arif Usman S.Si.**, yang telah memberikan bantuan, tenaga, pikiran dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Sahabat tercinta, **Sri Dewi Astuti Dan Mummar khadafi** yang merupakan teman seperjuangan yang telah setia mendengar semua keluh kesah. Penulis selama menjadi mahasiswa, senantiasa memberikan doa dan menyemangati penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Teman-teman **Bi6 bang** atas kebersamaannya selama 4 tahun lebih yang telah banyak membantu selama masa studi dan terlebih pada masa penyelesaian skripsi ini. adinda-adinda 2017, 2018, 2019 serta keluarga besar Himpunan Jurusan Fisika (HMJ-F).

12. Teman-teman Rusunawa, **Asmiati, S.Ip, Aida, S.Ip Maryam, Fitriani** dan senior-senior asrama yang lainnya yang senantiasa memberikan semangat dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Terlalu banyak orang yang berjasa kepada Penulis selama menempuh pendidikan di UIN Alauddin Makassar sehingga tidak sempat dan tidak dapat Penulis cantumkan satu persatu. Penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya semoga bernilai ibadah dan amal jariyah. “Amin Ya Rabbal Alamin”.

Samata-Gowa, 6 Agustus 2020

Penyusun

SARINA B  
NIM: 60400116029

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
**ALAUDDIN**  
M A K A S S A R

## DAFTAR ISI

<b>SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN SKRIPSI</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABLE</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1-</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Ruang Lingkup Penelitian.....	5
E. Manfaat Penelitian.....	
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
A. Energi.....	7
B. Energi Listrik.....	8
C. Plant- Microbial Fuel Cell (P-MFC).....	10
D. Tanaman.....	12
1. Tanaman hias kadaka.....	14
2. Tanaman lidah mertua.....	15
3. Sri rezeki ( <i>Aglaonema</i> ).....	16
F. Tanah Humus.....	19
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>21</b>
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	21



B. Alat dan Bahan .....	21
1. Alat.....	21
2. Bahan .....	21
C. Prosedur Penelitian .....	22
D. Tanaman Penelitian .....	23
1. Preparasi Elektroda .....	23
2. Substrat .....	23
3. Persiapan Sampel .....	24
4. Pengujian Sampel.....	24
E. Tabel Pengamatan.....	25
F. Diagram Alir .....	30
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
A. Pengukuran P-MFC dengan tanaman hias .....	31
B. Pengaruh Tanaman Hias terhadap sifat Kelistrikan .....	34
C. Pengaruh Kelembaban Tanah terhadap sifat Kelistrikan .....	39
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>32</b>
A. Kesimpulan .....	43
B. Saran.....	44
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Satuan
A : Kuat arus	Ampere
V : Kuat Tegangan	Volt
P : Kuat Daya	Watt
°C : Temperatur	Celcius



## DAFTAR TABEL

No. Tabel	Judul Tabel	Halaman
3.1	Parameter yang diukur pada P-MFC	32
3.2	Kondisi LED pada P-MFC	36



## DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Judul gambar	Halaman
2.1	: Skema Plant Microbial Fuel Cell (P-MFC)	11
2.2	: Kadaka ( Asplenium Nidus)14	
2.3	: Lidah Mertua ( Sansevieria)	15
2.4	: Srirezeki ( Aglaonema)	16
2.5	: Tanah Humus	18
3.1	: Metode Pengukuran arus dan tegangan P-MFC	24
4.1	: (a) Kadaka ( Asplenium Nidus), (b) Srirezeki ( Aglaonema) (c) Lidah Mertua ( Sansevieria)32	
4.2	: a. Elektroda seng Zn, b. Elektroda Grafit33	
4.3	: Rangkaian plant microbial fuel cell (P-MFC) dengan LED	34
4.4	: (a). LED pada siang hari35	
4.5	: (b). LED pada malam hari	35
4.6	: Grafik arus yang dihasilkan selama 15 hari	36
4.7	: Grafik tegangan yang dihasilkan selama 15 hari	37
4.8	: Grafik Daya yang dihasilkan selama 15 hari	38

4.9 : Hubungan rata-rata kelembaban dengan energi listrik pada sampel pertama	39
4.10 : Hubungan rata-rata kelembaban dengan energi listrik pada sampel kedua	40
4.11 : Hubungan rata-rata kelembaban dengan energi listrik pada sampel ketiga	41



## ABSTRAK

**Nama** : Sarina B  
**NIM** : 60400116029  
**Judul Skripsi** : Studi Potensi Energi Listrik Dari Tanaman Hias Dengan Metode Plant Microbial Fuel Cell (P-MFC)

---

Fokus penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar sifat kelistrikan yang dihasilkan dari tanaman hias dengan Dengan Metode *Plant-Microbial Fuel Cell* (P-MFC) dan mengetahui seberapa besar pengaruh kelembaban tanah terhadap energi listrik yang dihasilkan. Metode yang digunakan adalah metode *Plant-Microbial Fuel Cell* (P-MFC) yang merupakan perkembangan dari salah satu metode pembangkit energi listrik yaitu *Microbial Fuel Cell* (MFC) yang memanfaatkan proses fotosintesis dari tanaman dan mikroba yang ada didalam tanah untuk menghasilkan energi listrik. Tanah yang digunakan yaitu tanah humus yang merupakan jenis tanah yang mempunyai tingkat kesuburan yang lebih baik untuk tanaman. Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini ada tiga jenis yaitu kadaka (*Asplenium nidus*), lidah mertua (*Sansevieria*) dan sri rezeki (*Aglaonema*). Daya yang dihasilkan dari ketiga jenis tanaman ini adalah pot I yaitu kadaka (*Asplenium nidus*) sebesar 1.88 mW dan minimum sebesar 0.03 mW. Pot II yaitu tanaman Sri Rezeki daya maksimum sebesar 3.41 mW dan minimum sebesar 0.46 mW. Pot III yaitu tanaman Lidah Mertua daya maksimum sebesar 3.47 mW dan daya minimum sebesar 0.07 mW. Penelitian ini dilakukan selama 15 hari dengan pengukuran 12 kali 24 jam. Hasil uji sifat setiap tanaman menunjukkan nilai yang berbeda-beda selama 15 hari waktu penelitian, hasil ini membuktikan bahwa jenis tanaman hias berpengaruh terhadap nilai arus, tegangan dan daya yang dihasilkan. Semakin cepat sistem pertumbuhan suatu tanaman maka proses fotosintesis tanaman juga semakin meningkat yang akan berdampak pada produksi elektron didalam tanah yang semakin baik dan energi yang dihasilkan dengan metode Plant Microbial Fuel Cell (P-MFC).

**Keyword** : Tanaman, Microbial, Arus, Tegangan, daya dan Kelembaban.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### **A. Latar Belakang**

Peradaban manusia yang selalu mengalami kemajuan dalam berbagai aspek selalu diikuti dengan konsumsi energi yang semakin meningkat, hal ini berkaitan langsung dengan tingkat kehidupan penduduk serta kemajuan industrilalisasi (Elinur, dkk. 2010:01). Salah satu sumber energi yang banyak digunakan adalah sumber energi fosil, sehingga membuat ketersediaan sumber energi fosil seperti gas dan minyak bumi semakin menipis (Ajao, dkk. 2019:03).

Sumber energi yang saat ini dibutuhkan manusia adalah sumber energi yang dapat diperbaharui dan tidak memberikan dampak negatif terhadap lingkungan melainkan memanfaatkan sumber-sumber energi dari alam itu sendiri (Rita Prasetyowati. 2012: 61). Untuk mengurangi ketergantungan manusia terhadap kebutuhan energi fosil, maka perlu dilakukan konversi energi baru yang terbarukan yang sifat pengembangannya harus memperhatikan tiga ‘E’, yakni energi, ekonomi, ekologi (In Budiastra, dkk. 2009:02). Salah satu pemanfaatan energi terbarukan yang saat ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan adalah pembangkit berbasis *fuel cell* (Rosenbaum, dkk. 2010:01).

Prinsip kerja *fuel cell* yaitu mengubah energi kimia menjadi energi listrik yang mana akan memproduksi energilistrik arus searah, terdiri dari elektrolit yang memisahkan katoda dari anoda yang menghantarkan ion (Nurkholis Alfian, dkk. 2018: 416). Salah satu jenis *fuel cell* yang belakangan ini banyak dikembangkan oleh para ahli adalah *Microbial Fuel Cell* (MFC) yang prinsip kerjanya berbasis hidrogen yang didukung dengan hasil metabolisme bakteri elektromia sebagai material utama yang digunakan dalam konversi elektron menjadi energi listrik (Fajri Amenda Putra, dkk. 2018: 01). Salah satu pengembangan dari *Microbial*

*Fuel Cell* (MFC) adalah plant-Microbial Fuel Cell (MFC) (Nurkholis Alfian, dkk. 2018: 416).

*Plant-Microbial Fuel Cell* (MFC) adalah metode dengan memanfaatkan tanaman dan bakteri yang hidup didalam tanah untuk menghasilkan energi listrik. P-MFC membuat proses yang terjadi secara alami di sekitar akar secara langsung akan mampu menghasilkan listrik. Tanaman dijadikan parameter untuk perkembangan mikroorganismenya didalam tanah untuk terus hidup dan menghasilkan elektron (Marjolin Helder. 2011: 10).

Tanaman adalah salah satu ciptaan Allah swt. yang memiliki banyak manfaat bagi makhluk hidup lainnya. Salah satu manfaatnya adalah sebagai sumber makanan seperti karbohidrat, vitamin-vitamin dan masih banyak lainnya.

Sebagaimana dalam Q.S al-An'am/6:99. Dikatakan bahwa Allah swt. menciptakan tanaman yang menghidupkan, yang merupakan zat hijau daun yang disebut dengan klorofil. Klorofil adalah salah satu bagian tanaman yang memberikan pigmen warna terhadap tanaman, serta berfungsi menerima cahaya matahari dan mentransferkannya dalam proses fotosintesis (Song Ai, dkk. 2011:01)

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنَ النَّخْلِ فِتْنُونَ دَانِيَةً وَجَنَّاتٍ مِّنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ أَنْظِرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ إِنَّ فِي ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

Terjemahnya :

“Dan dialah yang menurunkan air dari langit, lalu kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan, maka kami keluarkan dari tumbuhan-tumbuhan itu tanaman yang menghijau, kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang kurma, mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (kami keluarkan pula) zaitu dan delima yang serupa dan yang tidak serupa.



Perhatikanlah buahnya ketika berbuah, dan menjadi masak. Sungguh, pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman” (QS.al-An’am/6:99)

Menurut tafsir Quraish Shihab, dialah yang menurunkan air hujan dari awan untuk menumbuhkan berbagai jenis tanaman. Dia mengeluarkan buah-buahan segar dari bermacam tumbuhan dan berbagai jenis biji-bijian. Ayat tentang tumbuh-tumbuhan ini menerangkan penciptaan tanaman yang tumbuh dan berkembang melalui beberapa fase. Semua proses yang terjadi karena adanya energi cahaya matahari yang masuk melalui klorofil yang pada umumnya terdapat pada pohon yang berwarna hijau, terutama pada daun. Dibagian akhir ayat ini disebutkan ‘*Unzhuru ila tsamarihi idza atsmara wa yan’ih*’ (amatilah buah-buahan yang dihasilkannya). Perintah ini mendorong perkembangan ilmu tumbuh-tumbuhan yang sampai saat ini mengandalkan segala macam metode pengamatan dalam semua fase perkembangan tanaman. Karunia inilah yang harus dijaga dan diolah agar bisa digunakan untuk kebutuhan umat manusia. Berdasarkan tafsir diatas dapat diketahui bahwa didalam surah al-an’am yang menyebutkan tumbuhan-tumbuhan yang menghidupkan dimana hijaunya suatu tumbuhan bisa terjadi karena adanya klorofil. Energi cahaya matahari yang dibutuhkan oleh tanaman masuk melalui klorofil pada daun yang menghasilkan material-material yang akan diteruskan keakar tanaman.

Sayangnya, pengembangan tanaman sebagai sumber energi listrik diindonesia saat ini masih tergolong sangat rendah, sedangkan potensi alam diindonesia sangat mendukung untuk dikembangkannya energi listrik yang bersumber dari tanaman.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yaitu “Potensi Listrik dan Degradasi Fosfat Berteknologi *Plant- Microbial Fuel Cell* dengan Media Tanaman Eceng Gondok” maka didapatkan kerangka dasar untuk pengembangan P-MFC. Disini

penulis melihat permasalahan, yakni kurang besarnya energi listrik yang dihasilkan (Lidiyah, dkk. 2018: 06). Disini penulis mencoba memecahkan masalah yang didapat dengan mengganti rancangan dengan tanaman yang berbeda menggunakan tiga jenis tanaman hias yaitu tanaman kadaka (*Asplenium nidus*), lidah mertua (*Sansevieria*) dan sri rezeki (*Aglaonema*).

Ketiga tanaman hias ini merupakan tanaman hias daun yang berasal dari *family* yang berbeda dan mempunyai bentuk fisik yang berbeda pula seperti bentuk batang dan daunnya, meskipun jenis tanaman-tanaman ini berberbeda akan tetapi ketiga tanaman ini mempunyai akar yang sama yaitu serabut dan perawatan hidup yang tidak rumit serta dapat hidup didalam ruangan meskipun dengan penyinaran yang relatif sedikit.

Berdasarkan uraian latarbelakang tersebut, maka penulis mengajukan penelitian tentang **“Studi Potensi Energi Listrik Dari Tanaman Hias Dengan Metode *Plant-Microbial Fuel Cell* (P-MFC)”**

### **B. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Seberapa besar sifat kelistrikan yang dihasilkan dari Tanaman Hias Dengan Metode *Plant-Microbial Fuel Cell* (P-MFC)?
2. Seberapa besar pengaruh kelembaban tanah terhadap energi listrik yang dihasilkan?

### **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui sifat kelistrik dari Tanaman Hias dengan Metode *Plant-Microbial Fuel Cell* (P-MFC)
2. Mengetahui besar pengaruh kelembaban tanah terhadap energi listrik yang dihasilkan.

#### **D. Ruang Lingkup Penelitian**

Dalam penelitian ini ada beberapa batasan objek permasalahan yang diteliti yaitu:

1. Sifat kelistrikan yang dimaksud dalam penelitian ini adalah arus, tegangan dan daya yang dihasilkan.
2. Tanaman yang diuji pada penelitian ini sebanyak 3 jenis, yaitu tanaman hias kadaka (*Asplenium nidus*), lidah mertua (*Sansevieria*) dan sri rezeki (*Aglaonema*)
3. Tanah yang dipakai pada penelitian ini yaitu tanah humus.
4. Elektroda yang digunakan sebagai anoda adalah karbon grafit sedangkan katoda adalah seng.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat ditujukan kepada masyarakat dan pemerintah maupun para akademis yaitu sebagai berikut:

1. Masyarakat
  - a. Memberikan informasi bahwa P-MFC dapat dijadikan sebagai energi alternatif penghasil tenaga listrik.
  - b. Dapat mengetahui besar sifat kelistrikan yang dihasilkan dari variasi tanaman hias dengan metode P-MFC
2. Pemerintah
  - a. Dapat menyediakan ruang bagi masyarakat untuk belajar membangun sumber-sumber energi alternatif khususnya P-MFC yang dapat dikembangkan sebagai penghasil listrik pengganti listrik alternatif.
  - b. Dapat mengetahui perbandingan sifat kelistrikan yang dihasilkan oleh berbagai jenis tanaman hias untuk memenuhi kebutuhan listrik dimasyarakat.

3. Akademis

- a. Sebagai awal pengembangan P-MFC yang dapat digunakan pada penelitian selanjutnya untuk menghasilkan sumber energi listrik alternatif terbarukan.
- b. Dapat mengetahui kinerja P-MFC yang dapat dibandingkan dengan sumber energi listrik yang lain.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### ***A. Energi***

Energi didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan usaha. Energi merupakan suatu besaran yang dapat membuat suatu benda melakukan usaha (Archi W. 1991: 03). Energi bersifat kekal yang artinya tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan, tetapi dapat diubah dari bentuk satu ke bentuk yang lain (Herlamban. 2007:01). Dalam kehidupan sehari-hari energi merupakan kemampuan suatu benda untuk bergerak, maka benda tersebut dikatakan mempunyai energi (Archi W. 1991: 03). Sumber energi di dunia sangat banyak dan tersebar dimana-mana, tetapi manusia hanya memanfaatkan sebagian sumber yaitu energi yang bersumber dari minyak bumi, bahan fosil dan gas alam, sedangkan masih banyak sumber energi lain yang bisa dimanfaatkan seperti sampah dedaunan, kayu, air, matahari, angin, tanaman-tanaman dan gelombang pasang yang masih sedikit sekali dimanfaatkan oleh manusia (Ajao. 2009: 04).

Menurut sumber yang didapat, energi terbagi menjadi 2, antara lain:

1. Sumber energi tak terbarui

Sumber energi tak terbarui adalah sumber energi dari alam yang apabila digunakan secara terus-menerus dapat habis. Sumber energi ini yaitu bahan fosil, minyak bumi dan gas alam (Archi W. 1991: 03).

2. Sumber Energi Terbarui

Sumber energi terbarui merupakan sumber energi yang dapat dengan cepat diisi kembali oleh alam. Sumber energi ini berasal dari alam yang tersedia sangat melimpah yaitu air, angin, biomass, biogas dan energi matahari (Archi W. 1991: 03).

## **B. Energi Listrik**

Energi listrik adalah energi yang dibutuhkan bagi peralatan listrik atau energi yang tersimpan dalam arus listrik dengan satuan amper (A) dan tegangan listrik dengan satuan Volt (V) dengan kebutuhan daya listrik satuan watt (W). Peralatan listrik dan alat elektronika memerlukan energi tegangan listrik yang sesuai dengan alat tersebut agar dapat digunakan. Energi listrik merupakan salah satu energi yang paling banyak digunakan, terutama pada zaman sekarang dan yang datang. Energi ini dapat berasal dari berbagai sumber seperti air, minyak, batubara, angin, panas bumi, nuklir, matahari, dan lainnya (young, dkk. 2007: 2002).

Listrik sekarang ini telah menjadi kebutuhan pokok yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia di era modern ini (Trismidianto. 2012: 01). Semua kebutuhan manusia yang berkaitan dengan peralatan membutuhkan listrik sebagai sumber energinya. Misalnya dalam kehidupan sehari-hari yaitu lampu, setrika, mesin cuci, televisi dan kipas angin. Energi listrik bersumber dari muatan listrik yang dapat menimbulkan listrik statis atau Bergeraknya elektron pada konduktor (Archi W. 1991: 04).

Saat ini orang-orang di seluruh dunia telah memikirkan tentang sumber energi alternatif, sebab kita tidak lagi dapat mengandalkan minyak bumi sebagai sumber energi utama. Cadangan persediaan minyak bumi semakin menipis, sebelum minyak bumi benar-benar habis maka kita harus mencari sumber-sumber energi alternatif lainnya (Trismidianto. 2012: 01).

Para ahli telah mencari alternatif energi di alam yang tidak bakal habis. Alam menyediakan sumber energi itu dan terus menyediakan untuk kita. Itulah mengapa sehingga kita sering menyebutnya sebagai sumber daya yang dapat

diperbaharui (tarbarukan) dimana alam dapat menyediakan sumber daya itu setelah dipakai (Guntoro. 2008: 01).

Para era modern saat ini, negara-negara maju banyak yang beralih ke pemanfaatan energi-energi alternatif yang ramah lingkungan, pada umumnya sebagai tenaga penggerak untuk pembangkit listrik (Archi W. 1991: 03). Mau tidak mau sudah saatnya kita di Indonesia memulai juga pengembangan energi alternatif tersebut. Apalagi, hampir semua energi alternatif yang dikenal terdapat di Indonesia. Tinggal kemudian kemauan kita untuk mengolahnya menjadi energi siap pakai. Sehingga sumber-sumber energi listrik yang tak terbarui di alam seperti fosil, gas alam, batubara dan minyak bumi. Pemakaiannya dapat dikurangi karena sumber energi seperti ini jika digunakan secara terus-menerus dapat menipis dan tidak dapat digunakan lagi. Sedangkan sumber energi lain yang dapat diperbaharui melimpah di alam, tetapi masih minim penerapannya (Herlamban. 2007: 04).

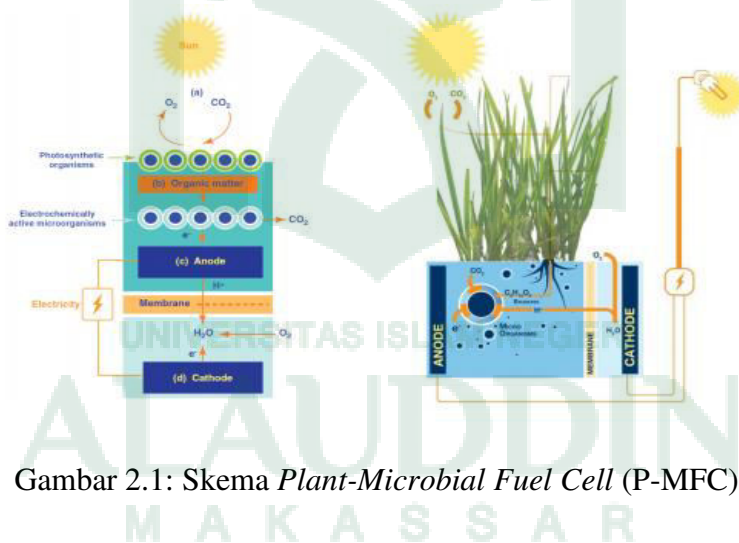
Pasokan listrik di Indonesia sendiri biasa dipasok dari pembangkit-pembangkit listrik seperti, PLTU, PLTS, PLTG, PLTA dan PLTD. Pembangkit energi seperti ini dibangun di Indonesia dikarenakan iklim cuaca tropis yang mendukung kinerja pembangkit-pembangkit tersebut (Guntoro. 2008:02).

Pembangkit listrik tenaga air (PLTA), pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD), dan pembangkit listrik geotermal (PLTG) yang ternyata keberadaannya masih belum memenuhi kebutuhan listrik negara karena pertumbuhan jumlah pemakai listrik mencapai 15% sedangkan perkembangan yang direncanakan hanyalah 75%. Adapun contoh lainnya masih banyak daerah terpencil di pelosok negeri yang belum pernah merasakan fasilitas listrik (Guntoro. 2008:06).

Salah satu sumber energi listrik yang bagus dikembangkan di Indonesia adalah energi listrik yang bersumber dari tumbuhan. Iklim tropis di Indonesia yang menghasilkan beraneka macam tumbuhan yang melimpah dialam sangat bagus untuk dikembangkan menjadi sumber energi listrik alternatif (Herlamban. 2007: 06).

### C. *Plant-Microbial Fuel Cell (P-MFC)*

Plant-Microbial Fuel Cell (P-MFC) menggunakan tanaman dan bakteri yang hidup didalam tanah untuk menghasilkan listrik. P-MFC memanfaatkan secara alami proses yang terjadi disekita akar tanaman untuk langsung menghasilkan listrik. Tanaman ini memproduksi bahan organik dari sinar matahari dan  $\text{CO}_2$  melalui fotosintesis (Marjoeline. 2011:09).



Gambar 2.1: Skema *Plant-Microbial Fuel Cell (P-MFC)*

Proses degradasi tersebut menghasilkan elektron dalam tanah. Untuk menangkap elektron tersebut perlu menempatkan sebuah elektroda di dekat akar tanaman (bakteri tanah) sehingga dapat dihasilkan listrik. P-MFC membuat proses yang terjadi secara alami pada sekitar akar tanaman secara langsung mampu menghasilkan listrik. Tanaman dapat memproduksi bahan organik dari sinar matahari dan  $\text{CO}_2$  melalui fotosintesis, sekitar 70% bahan organik ini berakhir



ditanah sebagai bahan humus, akar mati, lysates, lendir dan eksudat. Bahan organik ini dapat dioksidasi oleh bakteri yang hidup disekitar akar, melepaskan  $\text{CO}_2$ , proton dan elektron. Elektron dihasilkan oleh bakteri ke anoda dari sebuah microbial fuel cell. Anoda digabungkan melalui beban eksternal ke katoda. Proton yang dikeluarkan di sisi anoda berjalan melalui membran atau spacer menuju katoda. Pada katoda idealnya oksigen berkurang bersama-sama dengan proton dan ditransfer melalui sirkuit eksternal dan proton ditransfer melewati membrane (Marjoeline. 2011:09-11).

Pada proses transfer elektron reaksi dasar yang berlangsung di anoda, dimana kompartemen anoda terisolasi berupa ruang lingkup anaerob. Karbohidrat berperan penting dalam menyediakan bahan bakar untuk metabolisme mikroorganisme. Pada kompartemen anoda, bakteri yang melakukan fermentasi bahan organik melepaskan bahan berupa hidrogen dan elektron (Nurkholis Alfian, dkk: 421).

Proton dilepaskan, kemudian berdifusi ke bagian katoda melalui membran penukar proton/kation, sedangkan elektron ditransfer ke bagian katoda melalui elektroda. Pada kompartemen katoda yang berupa lingkungan aerob, elektron negatif yang dialirkan melalui eksternal dari anoda ke katoda mengalami proses reduksi dikatoda dan bergabung dengan ion hidrogen menghasilkan  $\text{H}_2\text{O}$ . Kedua kompartemen tersebut dipisah oleh proton elektrolyte membrane (PEM) yang berfungsi sebagai membran pembatas yang hanya memberikan ion positif (proton) berupa ion hidrogen dari anoda melewatinya menuju katoda yang kemudian bergabung dengan elektron dan  $\text{O}_2$  menjadi air atau hidrogen murni ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (Nurkholis Alfian, dkk, :421).

#### **D. Tanaman Hias**

Tanaman merupakan makhluk hidup yang sanggup tumbuh dan berkembang dengan berbeda. Pertumbuhan merupakan bertambah besarnya sel yang menyebabkan jaringan dan organ pada tanaman bertambah besar yang akhirnya menjadi keseluruhan makhluk hidup.

Pertumbuhan tanaman terjadi dengan adanya penambahan ukuran sel dan bahan kering yang membuktikan pertumbuhan protoplasma, pada masa pertumbuhan vegetatif terdapat 3 proses penting yaitu pembelahan sel, perpanjangan sel dan tahap awal dari diferensiasi sel. Semua proses tersebut akan mengembangkan daun, batang dan peranakan. Semua proses pertumbuhan tersebut memerlukan karbohidrat sebagai bahan energi disamping protein dan lemak. Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh faktor intrinsik dan faktor ekstrinsik. Faktor intrinsik yaitu faktor genetik, sedangkan faktor ekstrinsik yaitu lingkungan di sekitar tanaman seperti iklim, air dan tanah.

Salah satu faktor penting dalam pertumbuhan tanaman adalah fotosintesis. Fotosintesis adalah proses biokimia memproduksi karbohidrat pada tumbuhan dengan menggunakan energi matahari, yang melalui sel-sel dan dikonversi dalam bentuk ATP sehingga dapat digunakan seluruhnya oleh organisme tersebut. Reaksi umum dan proses fotosintesis adalah:



Proses fotosintesis berlangsung dengan dua proses, proses pertama yaitu proses yang bergantung pada cahaya matahari, yaitu reaksi terang yang menggunakan energi cahaya matahari langsung dan molekul energi cahaya tersebut belum dapat digunakan untuk proses selanjutnya. Oleh karena itu, pada reaksi ini energi cahaya matahari yang belum dapat digunakan dikonversi molekul energi yang dapat digunakan yaitu dalam bentuk energi kimia, yang dilakukan

oleh aktivitas pigmen daun (klorofil). Dalam reaksi terang, energi cahaya matahari dapat membetuk klorofil-a, untuk membangkitkan elektron menjadi suatu energi dengan tingkatan yang lebih tinggi. Dua pusat reaksi pada pigmen tersebut mentransfer elektron secara berantai. Elektron diperoleh dengan pelepasan  $O_2$  dari hasil pemecahan  $H_2O$  yang selanjutnya mengkonversi energi menjadi ATP dan NADP. Proses kedua adalah reaksi gelap aatau proses yang tidak memerlukan cahaya matahari yang terjadi saat hasil dari reaksi terang digunakan untuk membentuk ikatan kovalen dari karbohidrat. Pada proses ini, senyawa karbon atau  $CO_2$  pada atmosfer bumi ditangkap dan dimodifikasi menjadi karbohidrat dengan penambahan hydrogen, reaksi ini berlangsung pada stomata kroloplas.

Dalam P-MFC biasanya tanaman yang digunakan adalah tanaman yang akarnya tidak mudah busuk atau rusak meskipun terendam air, untuk menghindari gangguan oksigen dari udara ke anoda. Jika oksigen tersedia pada anoda, elektron langsung digunakan untuk mereduksi oksigen dan mengganggu produksi listriknya. Banyak spesies tanaman seperti rumput, padi, tanaman hias dan tanaman lainnya yang mampu bertahan dalam kondisi tergenang air.

a. Tanaman hias kadaka



Gambar 2.2: Kadaka (*Asplenium nidus*)

Tanaman hias kadaka (*Asplenium nidus*) atau biasanya disebut dengan bunga kembang do'a. Kadaka (*Asplenium nidus*) merupakan tanaman yang sudah lama dikenal untuk menghiasi taman-taman rumah. Tanaman ini dapat tumbuh didalam pot ataupun langsung pada inangnya, tanaman kadaka juga biasanya dijadikan tanaman penghias dalam rumah.

Bentuk tanaman kadaka yang menyerupai mangkuk dapat didapatkan jika ditanam dalam sebuah media seperti pot, yang tidak memberikan peluang untuk daunnya tumbuh ke segala arah. Kadaka (*Asplenium nidus*) ini memiliki beberapa varian yang dibedakan berdasarkan bentuk dan ukuran daunnya. Ada varian yang memiliki daun lurus, besar dan lebar. Namun ada juga yang berbentuk halus dan keriting, selain itu ada juga varian yang daunnya berbentuk tercabik-cabik tak beraturan. Tapi yang paling banyak dijumpai adalah tanaman kadaka yang memiliki daun lurus dan lebar.

b. Tanaman lidah mertu

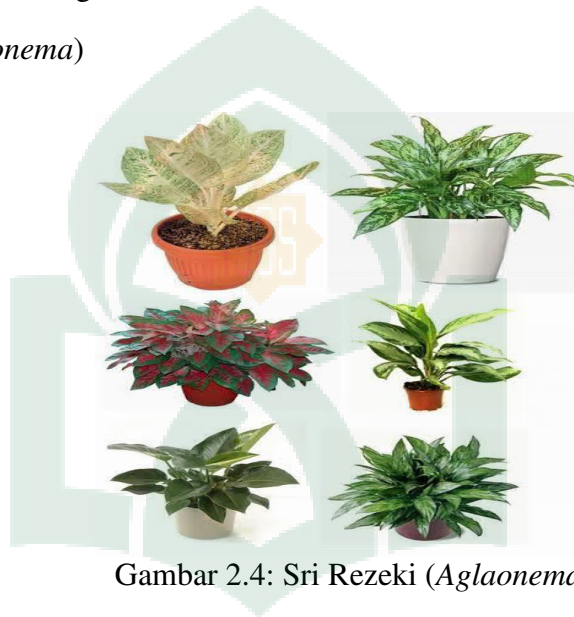


Gambar 2.3: Lidah mertua (*Sansevieria*)

Lidah mertua (*Sansevieria*) adalah tanaman hias yang sudah lama dikenal sebagai tanaman klasik yang mempunyai bentuk daun serta corak warna yang

unik. Selain dapat memperindah, tanaman ini kayamanfaat seperti mampu menyerap racun dan polusi diudara, serta pancaran radiasi dari alat-alat elektronika dan alat komunikasi. Lidah mertua (*Sansevieria*) berbentuk minimalis, selain itu tanaman ini juga toleran terhadap cahaya rendah, air yang sedikit serta dengan kondisi tanah yang kurang subur. Tanaman ini dapat ditanam didalam pot dan disimpan didalam ruangan.

c. Sri rezeki (*Aglaonema*)



Gambar 2.4: Sri Rezeki (*Aglaonema*)

Sri Rezeki (*Aglaonema*) adalah salah satu jenis tanaman hias yang paling banyak diminati dan semakin banyak disilangkan sehingga menghasilkan *Aglaonema* hibrida yang mempunyai warna daun yang lebih menarik. *Aglaonema* memiliki warna daun yang bervariasi, ada yang berwarna merah, merah muda, kuning, hijau dan lain sebagainya. Tanaman ini dapat hidup lama di dalam ruangan dengan pencahayaan yang relatif terbatas, perawatan *Aglaonema* tidak sulit sehingga mudah memeliharanya.

**E. Tanah Humus**

Tanah humus merupakan tanah yang terbentuk dari pelapukan-pelapukan dedaunan, batang pohon dan campuran dari kotoran hewan. Humus juga dikenal

sebagai sisa-sisa dari tumbuhan dan hewan yang mengalami perombakan oleh organisme yang ada dalam tanah. Tanah humus banyak ditemukan di daerah hutan hujan tropis. Tanah humus diartikan sebagai satu kompleks organik. Proses terbentuknya tanah humus humifikasi dapat terjadi secara alamiah. Proses alamiah merupakan proses pengomposan secara alami. Selain itu, proses humifikasi dapat dilakukan oleh manusia (Rosario Fraga, 2013:05).

Ciri-ciri tanah humus yaitu berwarna gelap, yakni coklat maupun kehitam-hitaman dan terdapat bintik-bintik berwarna putih. Memiliki tekstur yang gembur dan tidak keras. Biasanya terdapat pada lapisan bagian atas tanah, sehingga bersifat tidak stabil. Sifat tidak stabil ini terutama terlihat ketika ada perubahan suhu, tingkat kelembaban ataupun aerasi. Tanah humus bersifat kolodial dan amorfous. Sifat ini artinya bersifat menyerupai tanah liat, namun sifat daya serapnya lebih tinggi daripada tanah liat. Bersifat sangat subur, mempunyai daya serap yang tinggi dan mempunyai kemampuan menambah kandungan berbagai unsur hara (magnesium, kalsium dan kalium). Tanah humus merupakan sumber energi bagi jasad mikro dan banyak dijumpai di daerah tropis (Rosario Fraga, 2013: 05)



Gambar 2.5: Tanah Humus

Tanah ini berasal dari endapan baru, berlapis-lapis (bukan hasil perkembangan tanah), bahan organik yang terdapat jumlahnya berubah-ubah

dan tidak teratur dengan kedalamannya. Lapisan yang dimaksud ialah bukan horison karena terbentuk secara pedogenesis, tetapi bahan atau material yang diendapkan berbeda dari waktu ke waktu dan lama pengendapan juga berbeda sehingga terbentuk lapisan yang berbeda. Sifat tanah aluvial dipengaruhi oleh sumber bahan asalnya sehingga kesuburannya ditentukan oleh bahan asalnya. Tanah paingan berasal dari gunung merapi. Tanah aluvial sepanjang aliran besar merupakan campuran dari material yang banyak mengandung unsur hara bagi tanaman, sehingga dianggap sebagai tanah yang subur tetapi permasalahannya ialah pengawasan tata air (perlindungan terhadap banjir), drainase dan irigasi. Tanah aluvial di Indonesia pada umumnya memberi hasil padi (misalnya Krawang, Indramayu, Delta Brantas), tebu (Surabaya) dan palawija yang cukup baik (Petra, 2014: 02).

#### **F. Elektroda Karbon grafit**

Grafit memiliki struktur berupa jaringan dimana kerystal sebagai molekul padat dimana setiap molekulnya terikat dengan ikatan Van der Waals. Pada grafit, anisotropik terjadi terhadap nilai Modulus Young-nya dimana komponen yang tegak lurus dengan bidang dasar memiliki lebih rendah dibandingkan yang paralel dengan bidang dasar. Hal ini juga menyebabkan adanya sifat anisotropik pada konduktivitas termal. Hal tersebut dikarenakan ikatan bidang yang saling paralel hanya terhubung dengan ikatan van der Waals yang relatif lemah. Karakteristik termodinamik dari grafit pada tekanan rendah lebih stabil dibandingkan intan (Adi Darmawan, 2011:01).

Salah satu hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan efektifitas sebuah MFC adalah memperhatikan jenis material anoda nya. Jenis anoda yang dipakai sangat berpengaruh terhadap kuat arus listrik yang dihasilkan MFC tersebut. Akhir-akhir ini, bahan anoda yang sangat sering digunakan adalah grafit.

Grafit memiliki permukaan yang relatif kasar, sehingga lebih banyak sel/bakteri yang dapat hinggap di anoda. Percobaan telah membuktikan bahwa anoda dengan tingkat kekasaran yang lebih tinggi memiliki kecenderungan mengikat bakteri dengan jumlah yang lebih banyak. Dalam kasus MFC *Geobacter sulfurreducens*, grafit memiliki kekasaran yang cukup tinggi untuk bakteri/sel dapat menempel di anoda. Biofilm yang terbentuk terikat secara kuat pada anoda dan kemungkinannya untuk lepas dari akseptor elektron, bahkan saat medium organik sedang dalam proses pengadukan. Material anoda yang lain juga telah dites untuk mengukur energi listrik yang dihasilkan. Selain grafit, material yang telah dicoba sebagai anoda adalah aurum (gold) (Made Ian Maheswara,2011:02).







UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
**ALAUDDIN**  
M A K A S S A R

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2019-Januari 2020, bertempat di kecamatan Sumba opu, kabupaten gowa.

#### **B. Alat dan Bahan**

##### **1. Alat**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. *Soil Moisture Meter Digital*
- b. Pot plastic
- c. Multimeter
- d. Multitester
- e. Kabel penghubung
- f. Termometer
- g. Penjepit buaya
- h. Lab ban
- i. Gunting
- j. Tang

##### **2. Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bunga kembang doa/kadaka (*Asplenium nidus*)
- b. Tanaman lidah mertua (*Sansevieria*)
- c. Tanaman sri rezeki (*aglaonema*)
- d. Tanah humus
- e. Karbon grafit
- f. Seng

g. LED

h. Air

### 3. Prosedur Penelitian

Prosedur kerja yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### a. Prosedur Penelitian

1. Menyiapkan alat dan bahan terlebih dahulu
2. Mengisih pot I, II dan III dengan tanah
3. Menanam tanaman kadaka pada pot I. Tanaman lidah mertua pot II dan sri rezeki pada pot III
4. Setelah itu anoda dimasukkan ke dalam pot kemudian di tutup dengan tanah.
5. Meletakkan anoda dan katoda secara horizontal kemudian diatur jaraknya dengan anoda sesuai variabel penelitian dan tutup kembali dengan tanah.
6. Meletakkan karbon katoda diatas tanah kemudian menghubungkan dengan anoda
7. Setelah semua rangkain terpasang, Melakukan pegecekan terhadap kelembapan tanah
8. Lakukan penyiraman dengan takaran yang sama dengan waktu yang di tentukan.
9. Mengukur tegangan dengan Multimeter

#### b. Persiapan Sampel

##### 1. Tanaman Penelitian

Tanaman yang digunakan pada penelitian ini ada tiga yaitu Bunga kembang doa/kadaka (*Asplenium nidus*), Tanaman lidah mertua (*Sansevieria*) dan Tanaman sri rezeki (*aglaonem*) dengan umur yang relatif sama, umur suatu

tanaman bisa dilihat dari diameter batang maupun daunnya. Ketiga tanaman ini disiram 1 kali sehari yaitu setiap pagi jam 05.30 WITA dengan takaran air yang sama yaitu 1000 ml.

## **2. Preparasi Elektroda**

Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini adalah karbon grafit yang digunakan sebagai anoda yang diukur p x l x t dan katoda dari bahan seng dengan ukuran 30 cm x 5 cm.

## **3. Substrat**

Substrat yang harus disiapkan dalam penelitian ini adalah tanah dan tanaman percobaan. Tanah yang digunakan sebagai substrat dalam percobaan ini adalah tanah humus karena memiliki macam mikroorganisme dan endapan pada akar sehingga menjadi penggerak penghasil elektron. Takaran tanah yang digunakan disesuaikan dengan besar pot.

## **4. Persiapan Sampel**

Pada penelitian ini menggunakan pot berdiameter 30 cm dan panjang 30 cm, kemudian didalam pot dipasangkan elektroda, tanah dan tanaman. Elektroda yang sebagai anoda dipasang dibagian tengah atau dalam tanah sedangkan elektroda yang sebagai katoda dipasang dibagian permukaan tanah. Masing-masing elektroda dihubungkan oleh kabel penghubung yang bisa dihubungkan ke multimeter.













10:00									
12:00									
14:00									
16:00									
18:00									
20:00									
22:00									
0:00									
2:00									
4:00									

## 2. Kondisi Led

Tabel 2: Kondisi nyala Led

Hari ke	Waktu (t)	Pot I		Pot II		Pot III	
		nyala	mati	nyala	mati	nyala	Mati
1	6:00						
	8:00						
	10:00						
	12:00						
	14:00						
	16:00						
	18:00						
	20:00						
	22:00						
	0:00						
	2:00						
	4:00						
2	6:00						
	8:00						
	10:00						
	12:00						
	14:00						
	16:00						
	18:00						
	20:00						
	22:00						
	0:00						
	2:00						
	4:00						
3	6:00						
	8:00						

	10:00						
	12:00						
	14:00						
	16:00						
	18:00						
	20:00						
	22:00						
	0:00						
	2:00						
	4:00						
4	6:00						
	8:00						
	10:00						
	12:00						
	14:00						
	16:00						
	18:00						
	20:00						
	22:00						
	0:00						
	2:00						
	4:00						
5	6:00						
	8:00						
	10:00						
	12:00						
	14:00						
	16:00						
	18:00						
	20:00						
	22:00						
	0:00						
	2:00						
	4:00						
6	6:00						
	8:00						
	10:00						
	12:00						
	14:00						
	16:00						
	18:00						

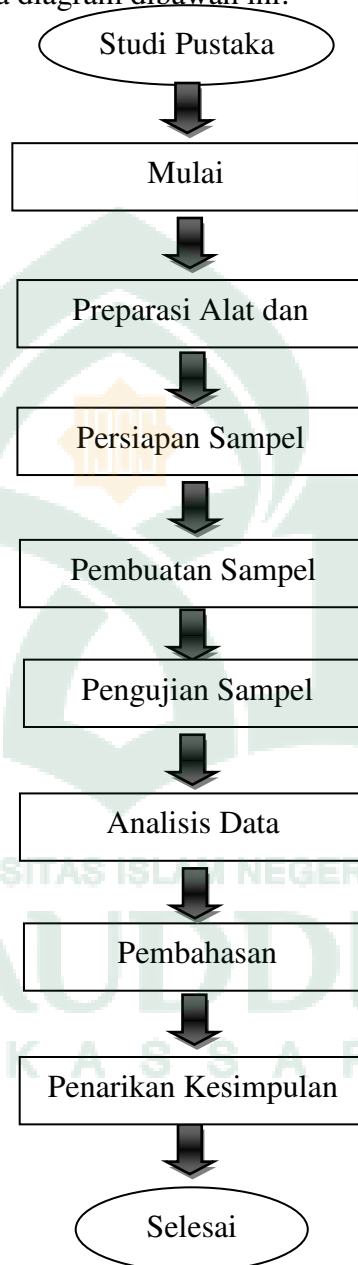
	20:00						
	22:00						
	0:00						
	2:00						
	4:00						
7	6:00						
	8:00						
	10:00						
	12:00						
	14:00						
	16:00						
	18:00						
	20:00						
	22:00						
	0:00						
	2:00						
	4:00						
8	6:00						
	8:00						
	10:00						
	12:00						
	14:00						
	16:00						
	18:00						
	20:00						
	22:00						
	0:00						
	2:00						
	4:00						
9	6:00						
	8:00						
	10:00						
	12:00						
	14:00						
	16:00						
	18:00						
	20:00						
	22:00						
	0:00						
	2:00						
	4:00						

10	6:00						
	8:00						
	10:00						
	12:00						
	14:00						
	16:00						
	18:00						
	20:00						
	22:00						
	0:00						
	2:00						
	4:00						
	11	6:00					
8:00							
10:00							
12:00							
14:00							
16:00							
18:00							
20:00							
22:00							
0:00							
2:00							
4:00							
12		6:00					
	8:00						
	10:00						
	12:00						
	14:00						
	16:00						
	18:00						
	20:00						
	22:00						
	0:00						
	2:00						
	4:00						
	13	6:00					
8:00							
10:00							
12:00							
14:00							

	16:00						
	18:00						
	20:00						
	22:00						
	0:00						
	2:00						
	4:00						
14	6:00						
	8:00						
	10:00						
	12:00						
	14:00						
	16:00						
	18:00						
	20:00						
	22:00						
	0:00						
	2:00						
	4:00						
15	6:00						
	8:00						
	10:00						
	12:00						
	14:00						
	16:00						
	18:00						
	20:00						
	22:00						
	0:00						
	2:00						
	4:00						

### C. Diagram Alir

Adapun diagram alim penelitian menunjukkan langkah kerja pada penelitian ini adalah seperti pada diagram dibawah ini.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pengukuran P-MFC Menggunakan Tanaman Hias

Penelitian yang telah dilakukan tentang *Plant Microbial Fuel Cell* (P-MFC) yang merupakan salah satu metode sumber energi alternatif. Dengan titik fokus pada P-MFC ini adalah mengetahui seberapa besar sifat kelistrikan yang dihasilkan dari 3 jenis tanaman hias yang berbeda. *Plant Microbial Fuel Cell* (P-MFC) merupakan perkembangan dari *Microbial Fuel Cell* yang menghasilkan bioenergi dengan memanfaatkan tanaman dan bakteri yang hidup disekitar akar tanpa mengganggu proses pertumbuhan dan pangan tanaman (Angky Wahyu Putranto, 2018:44).

Metode P-MFC mulai banyak dikembangkan oleh para peneliti karena memiliki keunggulan harga yang lebih murah dan mudah dibandingkan dengan sumber energi alternative lainnya serta ramah lingkungan karena hanya memanfaatkan hasil fotosintesis dari tanaman yang akan dioksidasi oleh mikroba yang hidup didalam tanah sehingga dapat menghasilkan elektron-elektron yang tersebar didalam tanah,Dimana ada tiga komponen penting dalam proses P-MFC yaitu tanaman, elektroda dan tanah serta cara perlakuan atau perawatan pada tanaman.

Selanjutnya akan membahas tentang proses preparasi sampel sampai pengujian sampel penelitian. Tanaman yang digunakan pada penelitian ini ada tiga jenis tanaman hias yaitu tanaman kadaka (*Asplenium nidus*), lidah mertua (*Sansevieria*) dan sri rezeki (*Aglaonema*) dengan umur tanaman yaitu  $\pm 366$  hari dengan jumlah daun  $\pm 23$  lembar.





(a)

(b)



(c)

Gambar 4.1: (a) tanaman kadaka (*Asplenium nidus*), (b) sri rezeki (*Aglaonema*) (c) lidah mertua (*Sansevieria*)

Elektroda yang digunakan yaitu seng (Zn) dengan luas permukaan  $100 \times 100 \times 10 \text{ m}^2$  sebagai katoda dan elektroda grafit dengan luas  $4 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$  sebagai anoda. Rangkaian elektroda yang digunakan yaitu seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.2: (a) Eletroda seng Zn (b) Elektroda grafit

Kemudian pada penelitian ini menggunakan jenis tanah yang sama yaitu tanah humus dengan berat 5400 g yang ditimbang menggunakan neraca digital serta 3 pot tanaman dengan ukuran yang sama. Dimana letak elektroda grafit yaitu berada didalam pot/tanah sedangkan elektroda seng berada diatas permukaan tanah.

Pada penelitian P-MFC pengukuran dilakukan 12 kali 24 jam dengan selang waktu 2 jam. Proses penyiraman pada tanaman dilakukan 30 menit sebelum pengukuran awal yaitu setiap jam 5:30 WITA sebanyak 1000 ml. Sifat kelistrikan yang diukur pada penelitian ini yaitu arus, tegangan dan daya yang dihasilkan pada setiap sampel penelitian. Kemudian pot atau sampel dirangkai menjadi satu rangkaian untuk menghidupkan LED kerana LED yang digunakan adalah LED merah dengan tegangan sebesar 1.7 volt sedangkan satu sampel tidak memenuhi tegangan LED untuk menyala.



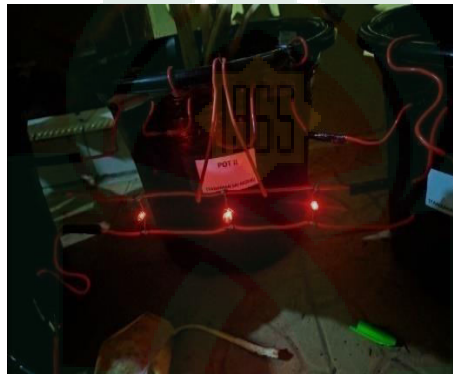
Gambar 4.3: Rangkain Plant Microbial Fuel Cell (P-MFC) Tanaman Hias dengan LED

### **B. Pengaruh Tanaman Hias Terhadap Sifat Kelistrikan**

Pengujian pada sampel penelitian yakni uji sifat kelistrikan yang dapat dihasilkan pada setiap tanaman hias. Sifat kelistrikan yang diuji pada pada setiap sampel yaitu arus, tegangan dan daya. Tanaman hias yang digunakan sebagai sampel ada tiga jenis yaitu tanaman kadaka (*Asplenium nidus*), sri rezeki (*Aglaonema*) dan lidah mertua (*Sansevieria*) dilakukan dengan cara mengukur arus, tegangan dan daya yang dihasilkan dengan menggunakan multimeter digital serta menambahkan LED sebagai alat uji yang dapat diamati secara langsung daya yang dihasilkan dari sampel penelitian. Seperti pada gambar 4.4 dapat dilihat bahwa LED bisa menyala selama selang waktu penelitian dengan merangkaian semua sampel menjadi satu rangkaian.



Gambar 4.4: (a) LED pada siang hari



Gambar 4.5 (b) LED pada malam hari

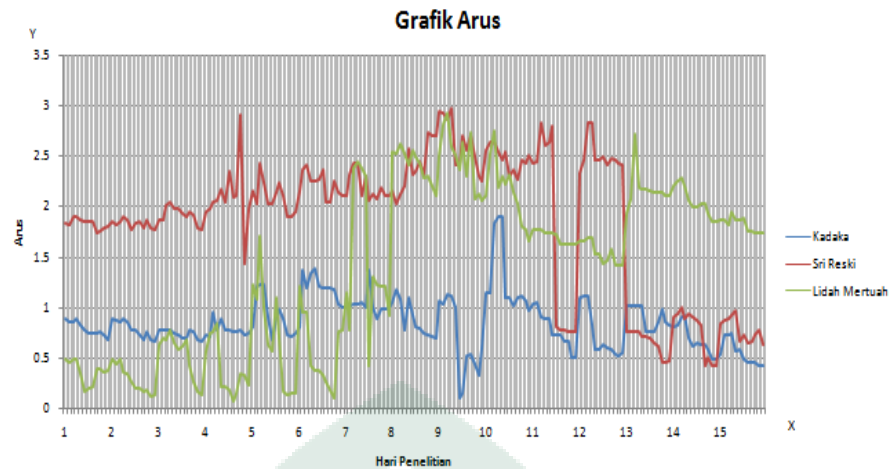
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan selama 15 hari dengan tujuan untuk mengetahui sifat kelistrikan yang dihasilkan pada setiap sampel yang diukur dengan menggunakan multimeter. Fotosintesis hanya dapat terjadi pada tumbuhan yang mempunyai klorofil, yaitu pigmen yang berfungsi sebagai penangkap energi cahaya matahari.

Fotosintesis yaitu proses penyusunan dari zat organik  $H_2O$  dan  $CO_2$  menjadi senyawa organik yang kompleks yang memerlukan cahaya (Campbell, 2002: 179). Intensitas cahaya berpengaruh sangat penting terhadap komposisi populasi mikroba di rhizosfir (Marschner dan Timonen 2005). Cahaya

mempengaruhi proses fotosintesis tumbuhan sehingga akan menghasilkan berbagai macam eksudat akar yang akan dilepas ke rhizosfer (Lines-Kelly, 2005). Laju fotosintesis dan kandungan klorofil adalah tolak ukur pertumbuhan yang berkaitan dengan produksi tanaman.

Klorofil adalah pigmen yang terdapat dalam kloroplas dan memanfaatkan cahaya yang diserap sebagai energi untuk reaksi-reaksi dalam proses fotosintesis (Taiz & Zeiger, 1998). Proses metabolisme yang terjadi dalam fotosintesis melibatkan reaksi-reaksi kimia dengan bantuan bermacam enzim yang berfungsi sebagai katalisator. Reaksi-reaksi kimia tersebut melibatkan aktivitas elektron-elektron yang berperan dalam membentuk suatu gradien elektrolit. Gradien elektrolit ini antara lain berfungsi untuk menghasilkan tenaga yang berguna bagi reaksi-reaksi selanjutnya dalam proses fotosintesis (DARNELL, 1986). Saat proses fotosintesis, tanaman akan mengeluarkan material yang tidak terpakai untuk proses fotosintesis. Material tersebut akan dilepaskan ke tanah dan ditangkap oleh bakteri tanah yang kemudian diurai lagi membentuk energi listrik.

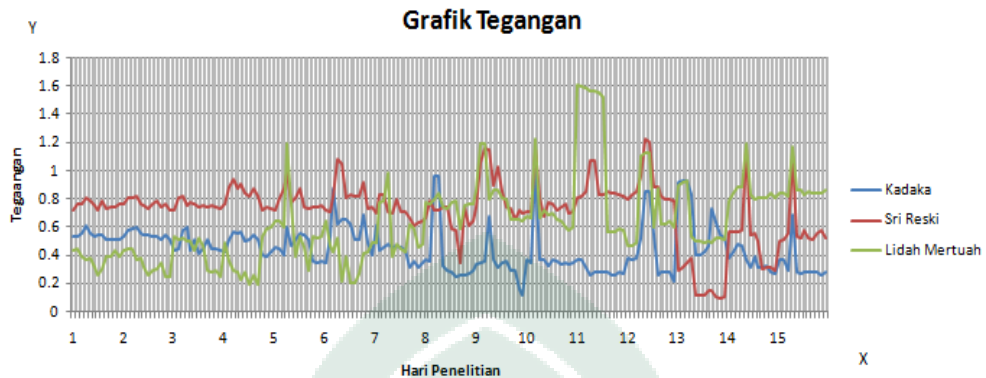
Proses penguraian (degradasi) tersebut menghasilkan elektron dalam tanah. Sekitar 70% dari bahan organik ini berakhir di tanah sebagai bahan humus, akar mati, lysates, lendir dan eksudat. Bahan organik ini dapat dioksidasi oleh bakteri yang hidup di sekitar akar, melepaskan CO<sub>2</sub>, proton dan elektron. Adapun hasil pengujian untuk arus (mA), tegangan (V) dan daya (mW) yang dihasilkan dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 4.6: Grafik Arus yang dihasilkan selama 15 hari

Grafik diatas menunjukkan hasil uji arus selama 15 hari pada setiap tanaman. Pengujian dilakukan dengan menggunakan multimeter yang bertujuan untuk mengetahui arus yang dihasilkan pada setiap tanaman dengan selang waktu 2 jam. Hasil uji arus pada grafik diatas dengan waktu penelitian selama 15 hari, menunjukkan arus maksimum dan minimum dengan yang berbeda-beda pada setiap sampel. Arus puncak atau maksimum pada pot I yaitu sebesar 1.9 mA sedangkan arus minimum dihasilkan yaitu 0.1 mA. Pot II arus maksimum dihasilkan sebesar 2.97 mA, sedangkan arus minimum sebesar 0.42 mA. Pot III arus maksimum sebesar 2.92 mA dan minimum 0.07 mA. Berdasarkan grafik 4.4 selama 15 hari penelitian pada Pot I menunjukkan laju arus yang konstan. Grafik Pot II menunjukkan hasil arus semakin menurun, meskipun pada awal penelitian hasil arus yang didapatkan paling besar diantara tanaman yang lain. Sedangkan pot III pada grafik diatas menunjukkan hasil arus yang semakin meningkat selama waktu penelitian.





Gambar 4.7: Grafik Tegangan yang dihasilkan selama 15 hari

Hasil uji tegangan pada gambar 4.5 pada sampel penelitian selama 15 hari menggambarkan tegangan yang dihasilkan dimana pada pot I tegangan maksimum sebesar 0.96 V dan tegangan minimum sebesar 0.16 V. Pot II tegangan maksimum sebesar 1.23 V dan sebesar 0.1 V. Pot III tegangan maksimum sebesar 1.61 V sedangkan tegangan minimum sebesar 0.2 V.

Tegangan yang dihasilkan pada setiap tanaman selama 15 hari berbanding lurus dengan arus yang dihasilkan pada setiap pot, dimana pada Pot I laju tegangan yang dihasilkan bersifat konstan. Pot II tegangan yang dihasilkan selama 15 hari semakin menurun sedangkan Pot III tegangan yang dihasilkan selama selang waktu penelitian semakin meningkat.

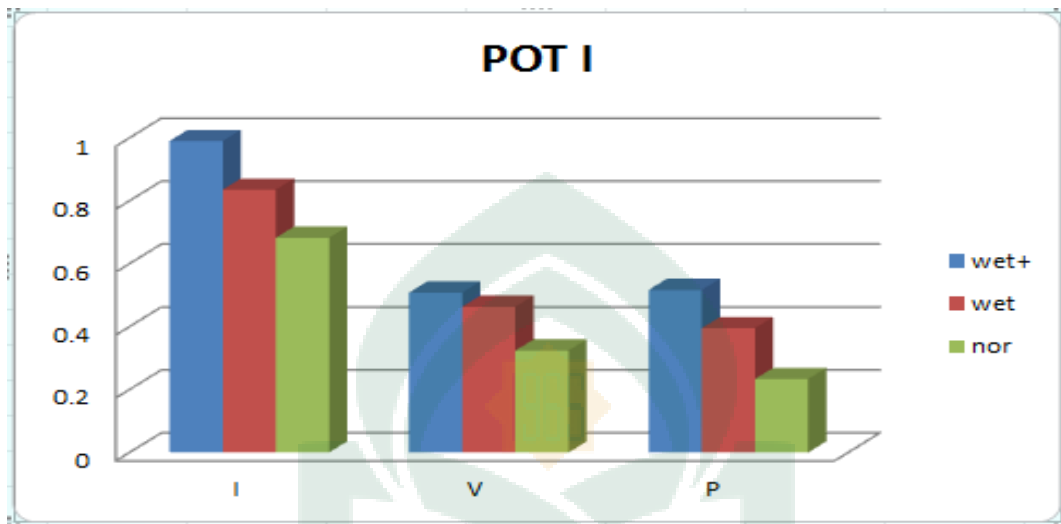
Gambar 4.8 : Grafik Hasil Daya yang dihasilkan selama 15 hari

Berdasarkan hasil uji arus dan tegangan yang dilakukan pada setiap Pot, maka dapat dihasilkan daya seperti pada Grafik diatas selama 15 hari penelitian menggambarkan nilai daya yang dihasilkan. Pada grafik tersebut menunjukkan bahwa, daya maksimum dari Pot I yaitu Tanaman kadaka sebesar 1.88 mW dan minimum sebesar 0.03 mW. Sedangkan untuk Pot II yaitu tanaman Sri Rezeki daya maksimum sebesar 3.41 mW dan minimum sebesar 0.46 mW. Pot III yaitu tanaman Lidah Mertua daya maksimum sebesar 3.47 mW dan daya minimum sebesar 0.07 mW. Diantara 3 jenis sampel penelitian, daya tertinggi dihasilkan pada pot II yaitu tanaman sri rezki. Tanaman sri rezki (*Sansevieria*) memiliki sistem pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dari 2 jenis tanaman yang lainnya, meskipun diberikan perlakuan yang sama dan ditempatkan dalam kondisi yang sama dengan 2 jenis tanaman lainnya. Pertumbuhan sri reski yang lebih cepat dibuktikan dengan ukuran tanamannya yang semakin membesar seperti ukuran daunnya dan lebih cepat menghasilkan tunas baru. Sedangkan kondisi jenis tanaman yang lain masih sama dari awal penelitian sampai selesai penelitian dilakukan. Pot I yaitu tanaman kadaka (*Asplenium nidus*) memiliki daya yang lebih rendah dibandingkan dengan jenis tanaman lainnya. Pot II dari hasil pengujian memiliki daya yang lebih konstan dibandingkan dengan jenis tanaman lainnya karena sistem pertumbuhan tanaman yang jauh lebih lama dibandingkan dengan tanaman lainnya. Sedangkan Pot III yaitu tanam lidah mertua (*Aglaonema*) dari hasil pengujian menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan semakin meningkat meskipun pada hari pertama penelitian daya yang dihasilkan paling rendah dibandingkan dengan tanaman lainnya.

### **C. Pengaruh Kelembaban Tanah terhadap Sifat Kelistrikan**

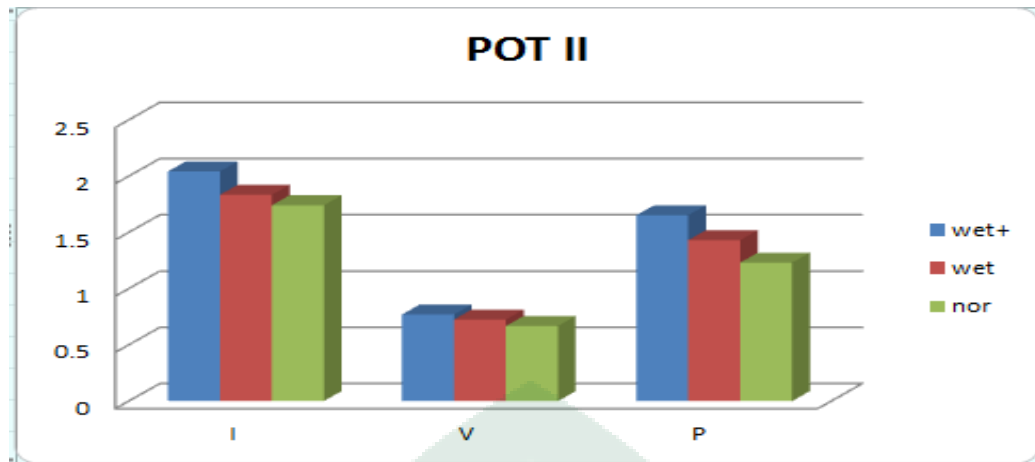


Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan selama 15 hari dengan pengukuran 12 kali 24 jam, maka diperoleh data kelembaban tanah pada setiap sampel penelitian yaitu wet+, wet dan nor.



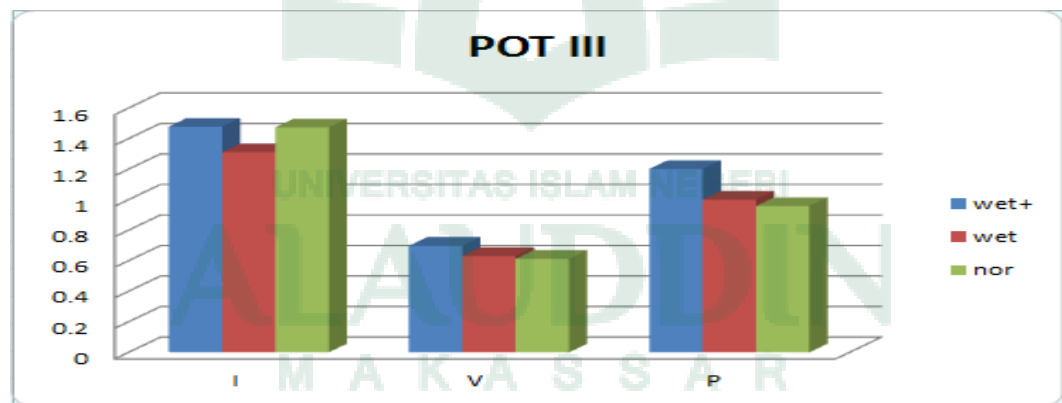
Gambar 4.9 : Hubungan rata-rata kelembaban dan energi listrik pada Pot I

Hasil uji kelembaban pada Pot I dapat dilihat pada gambar 4.7, pada grafik diatas menunjukkan bahwa rata-rata kelembaban yang menunjukkan arus, tegangan dan daya maksimum yaitu dalam kondisi wet+ dimana arus maksimum yaitu 0.99 mA, tegangan maksimum sebesar 0.50 V dan daya maksimum sebesar 0.51 mW. Sedangkan nilai rata-rata minimum yang dihasilkan dalam kondisi normal yaitu arus sebesar 0.68 mA, tegangan minimum 0.32 V dan daya minimum sebesar 0.23 mW.



Gambar 4.10 : Hubungan rata-rata kelembaban dan energi listrik pada Pot II

Rata-rata energi listrik yang tertinggi pada Pot II, dihasilkan dalam kondisi wet+ seperti pada grafik 4.8. arus maksimum yang dihasilkan yaitu 2.04 mA, tegangan maksimum 0.77 V dan daya maksimum 1.65 mW. sedangkan dalam kondisi normal rata-rata menghasilkan energi listrik minimum yaitu arus 1.74 mA, tegangan 0.67 V dan daya 1.23 mW.



Gambar 4.11: Hubungan rata-rata energi listrik dengan kelembaban pot III

Hasil uji energi listrik pada pot III tidak jauh berbeda dengan pot I dan pot III, energi maksimum yang dihasilkan yaitu dalam kondisi wet+ dimana arus maksimum yaitu 1.48 mA, tegangan maksimum 0.70 V dan daya maksimum 1.20 mW. sedangkan energi listrik minimum dihasilkan dalam kondisi normal yaitu

tegangan 0.61 V dan daya 0.95 mW, namun arus minimumnya terjadi dalam kondisi wet yaitu 1.31 mA.

Berdasarkan hasil uji yang telah dilakukan Kelembaban tanah terhadap sifat kelistikan yang dihasilkan berpengaruh meskipun tidak secara signifikan. tanah humus dengan kelembaban wet+ atau basah dari hasil uji rata-rata menghasilkan energi listrik yang paling tinggi karena tanaman yang digunakan sebagai sampel penelitian adalah tanaman yang bisa hidup dalam kondisi tanah yang basa serta bisa berfotosintesis dengan baik meskipun tidak terpapar langsung dengan matahari. Serta, didukung dengan tanah humus yang memiliki kandungan organik yang lebih baik untuk pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan tanah jenis yang lainnya.

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini sangat baik dikembangkan menjadi sumber energi alternatif di Indonesia karena memiliki kondisi alam yang sangat mendukung. Jika teknologi PMFC dikembangkan secara besar maka memungkinkan menjadi sumber listrik alternative pengganti yang dapat digunakan masyarakat. Dari hasil penelitian yang didapatkan daya yang dihasilkan dapat digunakan untuk pencahayaan kecil (LED).

## BAB V

### KESIMPULAN

#### A. *Kesimpulan*

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Hasil uji sifat kelistrikan yaitu arus, tegangan dan daya yang dihasilkan pada setiap tanaman hias menunjukkan nilai yang berbeda-beda selama 15 hari waktu penelitian dengan pengukuran 12 kali selama 24 jam, hasil ini membuktikan bahwa jenis tanaman hias berpengaruh terhadap nilai arus, tegangan dan daya yang dihasilkan. Semakin cepat sistem pertumbuhan suatu tanaman maka proses fotosintesis tanaman juga semakin meningkat yang akan berdampak pada produksi elektron didalam tanah yang semakin baik dan energi yang dihasilkan dengan metode Plant Microbial Fuel Cell (P-MFC) maka akan berbanding lurus.
2. Berdasarkan hasil pengukuran, kelembaban tanah berpengaruh terhadap energi yang dihasilkan dari setiap tanaman. Tanah humus yang digunakan adalah jenis tanah yang memiliki kandungan bahan organik yang paling bagus diantara jenis tanah yang lain. Kelembaban dengan kondisi basa (wet+) rata-rata akan menghasilkan energi yang baik dan lebih bagus untuk pertumbuhan tanaman. Sedangkan kondisi tanah dalam keadaan normal (nor) rata-rata energi listrik yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan saat kondisi tanah basa atau wet+.

#### B. *Saran*

Saran penulis untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Jenistanaman yang digunakan sebaiknya menggunakan jenis tanaman yang mudah ditemukan.

2. Wadah/pot yang digunakan lebih besar karena selama penelitian tanaman akan mengalami pertumbuhan karena pot yang ukurannya tidak sesuai dengan tanaman maka akan berpengaruh untuk sistem produksi tanaman yang terjadi disekitar akar, sehingga dapat berpengaruh pada hasil P-MFC.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abidi najmul ahmad, dkk. 2015. *Studi morfologi spora genius asplenium dan genus loxogramme menggunakan metode scenning electron microscopi (SEM)*. Malang: UMM
- Ai song Nio dan yunia banyo. 2011. *Konsentrasi klorofil daun sebagai indicator kekurangan air pada tanaman*. Manado: universitas ratulangi
- Alfian nurkholis, dkk. 2018. *Potensi szzygium oleina sebagai penghasil listrik alternative dengan metode plant-microbial fuel cell*. Balikpapan: ITK.
- Budiastra. IN. 2009. *Pemanfaatan energy angin sebagai alternative pembangkit listrik di nusa famida dan dampaknya terhadap lingkungan*. Bali: universitas undayana.
- Elinuc, dkk. 2010. *Perkembangan konsumsi dan penyediaan energy dalam perekonomian Indonesia*. Indonesia journal of agricultura economis (IJAE): volume 2
- Kandi dan Yamin winduono. 2012. *Energi dan perubahannya*. Bandung: (PPPPTK IPA).
- M. rosenbaum, dkk. 2010. *Light energy to bioelectricity:photosyntesic microbial fuel cell*. Lur opin bioethanol: Volume 21.
- Prasetyowati Rita. 2012. *Sel surya berbasis titania sebagai sumber energy listrik alternative*. Yogyakarta: universitas negeri yogyakarta.
- Putra amenda fajri, dkk. 2018. *Elektronical energy production analysis of microbial fuel cell with waste water trietmen*. E-proceeding of engineering: volume 5.
- Quraish M shihab. 2012. *Tafsir Al-Misbah*. Jakarta: Erlangga.
- Safitroi ali ismi, dkk. 2016. *Uji kinerja sempit grid fuel cell tipe proton exchange membrane (PEM) dengan penambalan hidrogen*. Jakarta: UI
- Angky Wahyu Putranto, DKK. (2018). *Pengaruh Pemberian Pupuk Urea Dan Jarak Elektroda Terhadap Tegangan Listrik Plant Microbial Fuel Cell Tanaman Padi*. Universitas Brawijaya:Malang.

**LAMPRAN-LAMPIRAN**



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
**ALAUDDIN**  
M A K A S S A R

**LAMPIRAN 1**

**LAMPIRAN DATA HASIL PENELITIAN DAN PERHITUNGAN**



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
**ALAUDDIN**  
M A K A S S A R



1. Arus (mA) dan tegangan (V) yang dihasilkan

Tabel 1: parameter yang diukur dalam pengujian P-MFC

Hari ke	Waktu (t)	Arus m(A)			Tegangan (V)			Daya (mW)		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	6:00	0.89	1.83	0.49	0.54	0.73	0.44	0.4806	1.3359	0.2156
	8:00	0.86	1.81	0.46	0.54	0.77	0.45	0.4644	1.3937	0.207
	10:00	0.85	1.89	0.49	0.56	0.77	0.4	0.476	1.4553	0.196
	12:00	0.89	1.89	0.49	0.61	0.81	0.38	0.5429	1.5309	0.1862
	14:00	0.82	1.87	0.34	0.56	0.79	0.39	0.4592	1.4773	0.1326
	16:00	0.78	1.85	0.16	0.54	0.76	0.32	0.4212	1.406	0.0512
	18:00	0.75	1.85	0.2	0.55	0.73	0.27	0.4125	1.3505	0.054
	20:00	0.75	1.85	0.21	0.55	0.79	0.31	0.4125	1.4615	0.0651
	22:00	0.75	1.73	0.39	0.52	0.74	0.4	0.39	1.2802	0.156
	0:00	0.76	1.75	0.39	0.52	0.75	0.4	0.3952	1.3125	0.156
	2:00	0.73	1.79	0.36	0.51	0.75	0.44	0.3723	1.3425	0.1584
	4:00	0.68	1.8	0.37	0.52	0.77	0.4	0.3536	1.386	0.148
2	6:00	0.88	1.84	0.49	0.54	0.77	0.44	0.4752	1.4168	0.2156
	8:00	0.87	1.82	0.44	0.58	0.81	0.45	0.5046	1.4742	0.198
	10:00	0.85	1.85	0.49	0.59	0.81	0.45	0.5015	1.4985	0.2205
	12:00	0.89	1.89	0.36	0.6	0.82	0.38	0.534	1.5498	0.1368
	14:00	0.85	1.87	0.35	0.56	0.77	0.39	0.476	1.4399	0.1365
	16:00	0.78	1.77	0.26	0.55	0.76	0.32	0.429	1.3452	0.0832
	18:00	0.78	1.83	0.2	0.55	0.74	0.27	0.429	1.3542	0.054
	20:00	0.72	1.84	0.2	0.54	0.77	0.3	0.3888	1.4168	0.06
	22:00	0.68	1.78	0.17	0.54	0.79	0.31	0.3672	1.4062	0.0527
	0:00	0.76	1.87	0.19	0.52	0.75	0.35	0.3952	1.4025	0.0665
	2:00	0.68	1.78	0.12	0.55	0.77	0.25	0.374	1.3706	0.03
	4:00	0.67	1.77	0.13	0.52	0.73	0.25	0.3484	1.2921	0.0325
3	6:00	0.78	1.86	0.63	0.44	0.73	0.54	0.3432	1.3578	0.3402
	8:00	0.77	1.86	0.7	0.45	0.81	0.52	0.3465	1.5066	0.364
	10:00	0.78	2	0.68	0.58	0.82	0.53	0.4524	1.64	0.3604
	12:00	0.78	2.04	0.78	0.6	0.76	0.51	0.468	1.5504	0.3978
	14:00	0.75	1.98	0.65	0.44	0.78	0.51	0.33	1.5444	0.3315
	16:00	0.73	1.98	0.59	0.51	0.77	0.44	0.3723	1.5246	0.2596
	18:00	0.69	1.93	0.61	0.42	0.75	0.53	0.2898	1.4475	0.3233
	20:00	0.7	1.89	0.68	0.45	0.76	0.47	0.315	1.4364	0.3196
	22:00	0.77	1.95	0.43	0.51	0.75	0.3	0.3927	1.4625	0.129
	0:00	0.76	1.91	0.26	0.45	0.76	0.29	0.342	1.4516	0.0754

	2:00	0.68	1.78	0.17	0.45	0.75	0.3	0.306	1.335	0.051
	4:00	0.67	1.77	0.13	0.44	0.74	0.25	0.2948	1.3098	0.0325
4	6:00	0.73	1.94	0.56	0.43	0.77	0.5	0.3139	1.4938	0.28
	8:00	0.71	1.98	0.74	0.51	0.89	0.36	0.3621	1.7622	0.2664
	10:00	0.95	2.04	0.76	0.57	0.94	0.3	0.5415	1.9176	0.228
	12:00	0.77	2.06	0.84	0.56	0.88	0.29	0.4312	1.8128	0.2436
	14:00	0.89	2.17	0.22	0.57	0.91	0.23	0.5073	1.9747	0.0506
	16:00	0.78	2.04	0.22	0.5	0.85	0.29	0.39	1.734	0.0638
	18:00	0.77	2.35	0.18	0.51	0.82	0.2	0.3927	1.927	0.036
	20:00	0.76	2.09	0.07	0.55	0.88	0.27	0.418	1.8392	0.0189
	22:00	0.76	2.1	0.15	0.52	0.82	0.2	0.3952	1.722	0.03
	0:00	0.77	2.9	0.34	0.41	0.72	0.54	0.3157	2.088	0.1836
	2:00	0.73	1.43	0.32	0.39	0.75	0.59	0.2847	1.0725	0.1888
	4:00	0.75	1.97	0.23	0.43	0.74	0.6	0.3225	1.4578	0.138
5	6:00	0.81	2.16	1.22	0.46	0.73	0.65	0.3726	1.5768	0.793
	8:00	1.21	2.03	1.08	0.45	0.81	0.65	0.5445	1.6443	0.702
	10:00	1.23	2.43	1.71	0.41	0.88	0.6	0.5043	2.1384	1.026
	12:00	1.22	2.24	0.98	0.6	0.99	1.19	0.732	2.2176	1.1662
	14:00	0.9	2.03	0.63	0.47	0.78	0.76	0.423	1.5834	0.4788
	16:00	0.68	2.03	0.57	0.52	0.81	0.4	0.3536	1.6443	0.228
	18:00	0.9	2.14	1.1	0.56	0.88	0.54	0.504	1.8832	0.594
	20:00	0.98	2.24	0.7	0.55	0.75	0.46	0.539	1.68	0.322
	22:00	0.89	2.1	0.16	0.52	0.74	0.3	0.4628	1.554	0.048
	0:00	0.72	1.9	0.14	0.36	0.75	0.54	0.2592	1.425	0.0756
	2:00	0.71	1.9	0.15	0.35	0.75	0.53	0.2485	1.425	0.0795
	4:00	0.75	1.95	0.15	0.36	0.76	0.54	0.27	1.482	0.081
6	6:00	0.81	2.16	1.21	0.35	0.72	0.65	0.2835	1.5552	0.7865
	8:00	1.37	2.36	0.95	0.54	0.71	0.47	0.7398	1.6756	0.4465
	10:00	1.19	2.41	0.95	0.88	0.82	0.43	1.0472	1.9762	0.4085
	12:00	1.33	2.25	0.43	0.63	1.09	0.53	0.8379	2.4525	0.2279
	14:00	1.38	2.25	0.38	0.66	1.05	0.22	0.9108	2.3625	0.0836
	16:00	1.21	2.26	0.38	0.66	0.81	0.4	0.7986	1.8306	0.152
	18:00	1.19	2.36	0.33	0.62	0.83	0.21	0.7378	1.9588	0.0693
	20:00	1.19	2.04	0.26	0.51	0.82	0.21	0.6069	1.6728	0.0546
	22:00	1.19	2.04	0.18	0.51	0.82	0.28	0.6069	1.6728	0.0504
	0:00	1.18	2.25	0.11	0.69	0.92	0.42	0.8142	2.07	0.0462
	2:00	1.03	2.14	0.76	0.49	0.74	0.43	0.5047	1.5836	0.3268
	4:00	1	2.1	0.77	0.4	0.75	0.5	0.4	1.575	0.385
7	6:00	1	2.1	1.15	0.61	0.7	0.5	0.61	1.47	0.575
	8:00	1.02	2.31	0.78	0.44	0.83	0.78	0.4488	1.9173	0.6084
	10:00	1.03	2.43	2.38	0.46	0.83	0.79	0.4738	2.0169	1.8802

	12:00	1.03	2.43	2.44	0.48	0.71	0.99	0.4944	1.7253	2.4156
	14:00	1.05	2.1	2.37	0.46	0.7	0.4	0.483	1.47	0.948
	16:00	1	2.3	2.3	0.47	0.8	0.48	0.47	1.84	1.104
	18:00	1.37	2.05	0.43	0.46	0.71	0.45	0.6302	1.4555	0.1935
	20:00	1	2.12	1.3	0.44	0.71	0.43	0.44	1.5052	0.559
	22:00	0.88	2.07	1.22	0.32	0.67	0.63	0.2816	1.3869	0.7686
	0:00	0.98	2.19	1.2	0.36	0.62	0.59	0.3528	1.3578	0.708
	2:00	0.99	2.11	1.2	0.32	0.64	0.46	0.3168	1.3504	0.552
	4:00	1	2.1	0.92	0.35	0.65	0.48	0.35	1.365	0.4416
8	6:00	1.05	2.15	2.53	0.37	0.67	0.78	0.3885	1.4405	1.9734
	8:00	1.17	2.03	2.52	0.36	0.79	0.77	0.4212	1.6037	1.9404
	10:00	1.08	2.12	2.61	0.96	0.72	0.8	1.0368	1.5264	2.088
	12:00	0.78	2.2	2.52	0.97	0.73	0.844	0.7566	1.606	2.12688
	14:00	1.09	2.57	2.4	0.33	0.75	0.75	0.3597	1.9275	1.8
	16:00	0.92	2.31	2.55	0.3	0.75	0.74	0.276	1.7325	1.887
	18:00	0.8	2.35	2.48	0.28	0.59	0.78	0.224	1.3865	1.9344
	20:00	0.79	2.44	2.42	0.25	0.58	0.79	0.1975	1.4152	1.9118
	22:00	0.75	2.32	2.28	0.26	0.35	0.59	0.195	0.812	1.3452
	0:00	0.73	2.73	2.3	0.26	0.75	0.76	0.1898	2.0475	1.748
	2:00	0.71	2.7	2.2	0.27	0.62	0.77	0.1917	1.674	1.694
4:00	0.7	2.7	2.1	0.3	0.65	0.77	0.21	1.755	1.617	
9	6:00	1.07	2.94	2.51	0.34	0.75	0.87	0.3638	2.205	2.1837
	8:00	1.04	2.92	2.81	0.35	1.07	1.2	0.364	3.1244	3.372
	10:00	1.13	2.86	2.92	0.36	1.16	1.19	0.4068	3.3176	3.4748
	12:00	1.11	2.97	2.59	0.68	1.15	0.8	0.7548	3.4155	2.072
	14:00	1	2.41	2.5	0.37	0.9	0.87	0.37	2.169	2.175
	16:00	0.1	2.42	2.36	0.32	1.03	0.87	0.032	2.4926	2.0532
	18:00	0.15	2.7	2.63	0.35	0.86	0.81	0.0525	2.322	2.1303
	20:00	0.52	2.56	2.3	0.36	0.75	0.8	0.1872	1.92	1.84
	22:00	0.53	2.69	2.72	0.3	0.74	0.66	0.159	1.9906	1.7952
	0:00	0.43	2.49	2.07	0.3	0.66	0.66	0.129	1.6434	1.3662
	2:00	0.32	2.29	2.12	0.16	0.72	0.66	0.0512	1.6488	1.3992
4:00	0.6	2.25	2.06	0.12	0.7	0.65	0.072	1.575	1.339	
10	6:00	1.14	2.56	2.11	0.37	0.71	0.68	0.4218	1.8176	1.4348
	8:00	1.14	2.63	2.52	0.35	0.71	0.67	0.399	1.8673	1.6884
	10:00	1.84	2.63	2.75	1.02	1.15	1.23	1.8768	3.0245	3.3825
	12:00	1.9	2.54	2.18	0.37	0.81	0.67	0.703	2.0574	1.4606
	14:00	1.9	2.46	2.3	0.37	0.68	0.72	0.703	1.6728	1.656
	16:00	1.1	2.53	2.21	0.33	0.78	0.69	0.363	1.9734	1.5249
	18:00	1.09	2.3	2.31	0.37	0.77	0.7	0.4033	1.771	1.617
	20:00	1.01	2.36	2.13	0.36	0.72	0.66	0.3636	1.6992	1.4058

	22:00	1.1	2.26	2.02	0.34	0.75	0.65	0.374	1.695	1.313
	0:00	1.12	2.46	1.8	0.35	0.77	0.6	0.392	1.8942	1.08
	2:00	1.07	2.43	1.76	0.34	0.7	0.58	0.3638	1.701	1.0208
	4:00	0.97	2.5	1.65	0.35	0.71	0.6	0.3395	1.775	0.99
11	6:00	1.04	2.43	1.76	0.37	0.81	1.61	0.3848	1.9683	2.8336
	8:00	1.05	2.44	1.76	0.37	0.82	1.6	0.3885	2.0008	2.816
	10:00	0.91	2.82	1.76	0.32	0.86	1.59	0.2912	2.4252	2.7984
	12:00	0.88	2.6	1.73	0.26	1.08	1.57	0.2288	2.808	2.7161
	14:00	0.88	2.63	1.74	0.28	1.08	1.57	0.2464	2.8404	2.7318
	16:00	0.73	2.8	1.74	0.28	0.84	1.55	0.2044	2.352	2.697
	18:00	0.73	0.8	1.72	0.28	0.83	1.52	0.2044	0.664	2.6144
	20:00	0.72	0.77	1.62	0.28	0.86	0.57	0.2016	0.6622	0.9234
	22:00	0.67	0.77	1.62	0.26	0.85	0.57	0.1742	0.6545	0.9234
	0:00	0.67	0.75	1.63	0.26	0.85	0.57	0.1742	0.6375	0.9291
	2:00	0.5	0.75	1.63	0.28	0.83	0.59	0.14	0.6225	0.9617
	4:00	0.5	0.75	1.63	0.27	0.82	0.58	0.135	0.615	0.9454
12	6:00	1.1	2.33	1.65	0.38	0.8	0.47	0.418	1.864	0.7755
	8:00	1.12	2.46	1.65	0.37	0.83	0.47	0.4144	2.0418	0.7755
	10:00	1.12	2.83	1.69	0.38	0.86	0.49	0.4256	2.4338	0.8281
	12:00	0.83	2.83	1.69	0.53	0.97	1.11	0.4399	2.7451	1.8759
	14:00	0.58	2.45	1.53	0.86	1.23	1.13	0.4988	3.0135	1.7289
	16:00	0.58	2.45	1.53	0.85	1.21	1.13	0.493	2.9645	1.7289
	18:00	0.63	2.49	1.43	0.55	0.89	0.6	0.3465	2.2161	0.858
	20:00	0.6	2.41	1.47	0.26	0.89	0.88	0.156	2.1449	1.2936
	22:00	0.59	2.48	1.57	0.28	0.82	0.63	0.1652	2.0336	0.9891
	0:00	0.54	2.45	1.42	0.28	0.8	0.63	0.1512	1.96	0.8946
	2:00	0.52	2.42	1.42	0.28	0.8	0.65	0.1456	1.936	0.923
	4:00	0.55	2.41	1.42	0.22	0.79	0.6	0.121	1.9039	0.852
13	6:00	1.01	0.76	1.92	0.92	0.3	0.9	0.9292	0.228	1.728
	8:00	1.01	0.75	2.07	0.93	0.32	0.92	0.9393	0.24	1.9044
	10:00	1.01	0.76	2.71	0.93	0.35	0.93	0.9393	0.266	2.5203
	12:00	1.01	0.76	2.18	0.83	0.39	0.54	0.8383	0.2964	1.1772
	14:00	1.01	0.71	2.17	0.41	0.12	0.51	0.4141	0.0852	1.1067
	16:00	0.76	0.71	2.17	0.41	0.12	0.51	0.3116	0.0852	1.1067
	18:00	0.76	0.7	2.15	0.43	0.12	0.5	0.3268	0.084	1.075
	20:00	0.76	0.65	2.14	0.47	0.15	0.51	0.3572	0.0975	1.0914
	22:00	0.86	0.62	2.14	0.73	0.15	0.5	0.6278	0.093	1.07
	0:00	0.98	0.45	2.14	0.64	0.11	0.53	0.6272	0.0495	1.1342
	2:00	0.86	0.46	2.1	0.55	0.1	0.53	0.473	0.046	1.113
	4:00	0.82	0.47	2.1	0.53	0.11	0.52	0.4346	0.0517	1.092
14	6:00	0.81	0.9	2.2	0.38	0.57	0.79	0.3078	0.513	1.738

	8:00	0.83	0.93	2.25	0.43	0.57	0.85	0.3569	0.5301	1.9125
	10:00	0.91	0.99	2.28	0.48	0.57	0.89	0.4368	0.5643	2.0292
	12:00	0.92	0.89	2.2	0.47	0.58	0.89	0.4324	0.5162	1.958
	14:00	0.7	0.93	2.05	0.37	1.15	1.2	0.259	1.0695	2.46
	16:00	0.62	0.9	1.99	0.32	0.55	0.83	0.1984	0.495	1.6517
	18:00	0.65	0.87	1.99	0.39	0.56	0.8	0.2535	0.4872	1.592
	20:00	0.63	0.82	2.03	0.32	0.51	0.81	0.2016	0.4182	1.6443
	22:00	0.63	0.42	2.03	0.32	0.31	0.81	0.2016	0.1302	1.6443
	0:00	0.59	0.5	1.93	0.33	0.32	0.81	0.1947	0.16	1.5633
	2:00	0.49	0.42	1.85	0.28	0.32	0.84	0.1372	0.1344	1.554
	4:00	0.48	0.42	1.84	0.27	0.3	0.81	0.1296	0.126	1.4904
15	6:00	0.54	0.83	1.86	0.37	0.51	0.84	0.1998	0.4233	1.5624
	8:00	0.72	0.87	1.86	0.37	0.52	0.84	0.2664	0.4524	1.5624
	10:00	0.72	0.88	1.82	0.3	0.56	0.82	0.216	0.4928	1.4924
	12:00	0.74	0.92	1.95	0.69	1.11	1.17	0.5106	1.0212	2.2815
	14:00	0.57	0.96	1.86	0.28	0.54	0.87	0.1596	0.5184	1.6182
	16:00	0.59	0.66	1.86	0.27	0.53	0.87	0.1593	0.3498	1.6182
	18:00	0.49	0.73	1.88	0.28	0.58	0.83	0.1372	0.4234	1.5604
	20:00	0.46	0.65	1.75	0.29	0.53	0.86	0.1334	0.3445	1.505
	22:00	0.45	0.66	1.75	0.29	0.52	0.85	0.1305	0.3432	1.4875
	0:00	0.45	0.73	1.74	0.28	0.56	0.85	0.126	0.4088	1.479
	2:00	0.42	0.77	1.73	0.26	0.58	0.84	0.1092	0.4466	1.4532
4:00	0.42	0.63	1.73	0.28	0.53	0.87	0.1176	0.3339	1.5051	

## 2. Kondisi Led

Tabel 2: Kondisi nyala Led

Hari ke	Waktu (t)	Kelembapan (RH)			pH Tanah			Temp (oC)	LED
		I	II	III	I	II	III		
1	6:00	wet+	wet+	wet+	5	5.5	5	26	√
	8:00	wet+	wet+	wet+	5.5	5	5	27	√
	10:00	wet+	wet+	wet+	5	5	5	28	√
	12:00	wet	wet	wet	5.5	5.5	5	29	√
	14:00	wet	wet	wet	5	6.5	5	30	√
	16:00	wet	wet	wet	6	6	5.5	27	√
	18:00	wet	wet	wet	6	7	5.5	26	√
	20:00	wet	wet	wet	6.5	6	5	26	√
	22:00	wet	wet	wet	5.5	5	5.5	27	√

	0:00	wet	wet	wet	5.5	5	5	27	√
	2:00	wet	wet	wet	6.5	6	6	26	√
	4:00	wet	wet	wet	6.5	6.5	6.5	25	√
2	6:00	wet+	wet+	wet+	5.5	5	4.5	25	√
	8:00	wet+	wet+	wet+	5.5	5	5	27	√
	10:00	wet+	wet+	wet+	5	5	5	28	√
	12:00	wet+	wet+	wet+	5.5	5.5	5	29	√
	14:00	wet	wet	wet	5.5	6.5	5	30	√
	16:00	wet	wet	wet	6	6.5	5.5	27	√
	18:00	wet	wet	wet	6	7	5.5	26	√
	20:00	wet	wet	wet	6	5.5	5.5	25	√
	22:00	wet	wet	wet	6.5	6.5	5.5	25	√
	0:00	wet	wet	wet	6.5	6	6	25	√
	2:00	wet	wet	wet	6.5	6.5	6.5	25	√
4:00	wet	wet	wet	6.5	6.5	6.5	24	√	
3	6:00	wet+	wet+	wet+	5.5	5.5	5.5	25	√
	8:00	wet+	wet+	wet+	4.5	5	5	27	√
	10:00	wet	wet	wet+	5	5.5	5	30	√
	12:00	wet	wet	wet	5	5	5.5	32	√
	14:00	wet	wet	wet	5	5	5	32	√
	16:00	wet	wet	wet	5	5	5.5	30	√
	18:00	wet	wet	wet	5	5	5.5	27	√
	20:00	wet	wet	wet	5	5.5	5.5	27	√
	22:00	wet	wet	wet	5	6.5	6	29	√
	0:00	wet	wet	wet	5.5	5.5	5	25	√
	2:00	wet	wet	wet	6.5	6.5	5.5	25	√
4:00	wet	wet	wet	6.5	6.5	6.5	24	√	
4	6:00	wet+	wet+	wet+	6	5.5	6	26	√
	8:00	wet+	wet+	wet+	5	6	6	27	√
	10:00	wet+	wet+	wet+	5	5	4	29	√
	12:00	wet	wet	wet	5	5.5	6	30	√
	14:00	wet	wet	wet	5.5	5.5	6	31	√
	16:00	wet	wet	wet	5.5	5	5	31	√
	18:00	wet	wet	wet	6	6	6	29	√
	20:00	wet	wet	wet	7	6.5	6	28	√
	22:00	wet	wet	wet	7	6.5	5	27	√
	0:00	wet	wet	wet	5	5	5	26	√
	2:00	nor	nor	nor	5	5	5	26	√
4:00	nor	nor	nor	5.5	5	5.5	25	√	
5	6:00	wet+	wet+	wet+	5	5	5	25	√
	8:00	wet+	wet+	wet+	5	5.5	5	26	√

	10:00	wet+	wet+	wet+	5	5	5	26	√
	12:00	wet	wet	wet	6	6.5	5	31	√
	14:00	wet	wet	wet	5	5	5	32	√
	16:00	wet	wet	wet	6.5	5.5	5	31	√
	18:00	wet	wet	wet	6	6.5	5.5	30	√
	20:00	wet	wet	wet	7	6.5	6	28	√
	22:00	wet	wet	wet	7	7	6.5	26	√
	0:00	wet	wet	wet	7	7	6	25	√
	2:00	wet	wet	wet	5	5.5	7	25	√
	4:00	wet	wet	wet	5	5.5	7	24	√
6	6:00	wet+	wet+	wet+	5	5	5	25	√
	8:00	wet+	wet+	wet+	5.5	6	5.5	26	√
	10:00	wet+	wet+	wet+	6.5	5.5	5.5	28	√
	12:00	wet	wet	wet	6.5	6.5	6.5	31	√
	14:00	wet	wet	wet	5.5	6	5.5	32	√
	16:00	wet	wet	wet	6.5	5.5	5	31	√
	18:00	wet	wet	wet	6.5	6	5.5	30	√
	20:00	wet	wet	wet	6.5	5.5	5.5	28	√
	22:00	wet	wet	wet	7	7	6.5	29	√
	0:00	wet	wet	wet	5.5	6	6	26	√
	2:00	wet	wet	wet	6.5	5.5	6.5	27	√
	4:00	wet	wet	wet	6.5	5	6	25	√
7	6:00	wet+	wet+	wet+	6.5	6.5	7	26	√
	8:00	wet+	wet+	wet+	6.5	6	6.5	28	√
	10:00	wet+	wet+	wet+	6.5	6	6	29	√
	12:00	wet	wet	wet	6.5	7	6.5	30	√
	14:00	wet	wet	wet	6.5	6.5	7	31	√
	16:00	wet	wet	wet	6	6.5	6	31	√
	18:00	wet	wet	wet	6.5	6	6.5	29	√
	20:00	wet	wet	wet	5.5	6.5	6	29	√
	22:00	wet	wet	wet	6.5	5.5	5	27	√
	0:00	wet	wet	wet	5.5	5	4	27	√
	2:00	wet	wet	wet	5.5	6.5	6	26	√
	4:00	nor	nor	nor	5.5	5.5	5.5	25	√
8	6:00	wet+	wet+	wet+	6.5	6.5	6	25	√
	8:00	wet+	wet+	wet+	5	5	5	27	√
	10:00	wet+	wet+	wet+	4.5	5	6.5	29	√
	12:00	wet	wet	wet	6	6.5	6	31	√
	14:00	wet	wet	wet	5	5.5	6	31	√
	16:00	wet	wet	wet	6.5	6.5	6	31	√
	18:00	wet	wet	wet	5	6	5	29	√

	20:00	wet	wet	wet	5.5	6	5.5	29	√
	22:00	wet	wet	wet	5	6	6	28	√
	0:00	nor	nor	nor	5	6.5	5	27	√
	2:00	nor	nor	nor	5.5	6.5	5	26	√
	4:00	nor	nor	nor	6.5	5	5	25	√
9	6:00	wet+	wet+	wet+	6	6	5.5	26	√
	8:00	wet+	wet+	wet+	4	5	7.5	29	√
	10:00	wet+	wet+	wet+	5	6.5	6	30	√
	12:00	wet	wet	wet	4.5	5	5.5	31	√
	14:00	wet	wet	wet	5.5	5.5	5	33	√
	16:00	wet	wet	wet	5	6.5	5	32	√
	18:00	wet	wet	wet	4.5	5	5	30	√
	20:00	wet	wet	wet	6	6	6.5	29	√
	22:00	wet	wet	wet	5	6.5	6	28	√
	0:00	wet	wet	wet	4.5	6.5	5.5	28	√
	2:00	wet	wet	wet	5.5	5.5	6	26	√
	4:00	wet	wet	wet	5.5	5.5	6	25	√
	10	6:00	wet+	wet+	wet+	6	6	6.5	26
8:00		wet+	wet+	wet+	5	5	5	28	√
10:00		wet+	wet+	wet+	5	5	5.5	30	√
12:00		wet	wet	wet	4.5	5	6	32	√
14:00		wet	wet	wet	4.5	5.5	5	31	√
16:00		wet	wet	wet	5	6	6	31	√
18:00		wet	wet	wet	5	7	5	29	√
20:00		wet	wet	wet	5	5.5	5	27	√
22:00		wet	wet	wet	5.5	5.5	5	27	√
0:00		wet	wet	wet	5.5	6	5	26	√
2:00		wet	wet	Wet	4.5	5.5	6.5	26	√
4:00		wet	wet	Wet	5	5	5	25	√
11	6:00	wet+	wet+	wet+	6	7	6	26	√
	8:00	wet+	wet+	wet+	6	7	6	29	√
	10:00	wet	wet	Wet	5.5	5.5	5.5	30	√
	12:00	wet	wet	Wet	5	5.5	5	31	√
	14:00	wet	wet	Wet	7	6	6.5	32	√
	16:00	wet	wet	Wet	5.5	5.5	5	31	√
	18:00	wet	wet	Wet	5.5	5.5	5	30	√
	20:00	wet	wet	Wet	6.5	5.5	5	28	√
	22:00	nor	nor	Nor	6.5	6	6.5	27	√
	0:00	nor	nor	Nor	5.5	6	6.5	26	√
	2:00	dry	dry	Dry	6	5.5	5	26	√
	4:00	dry	dry	Dry	6	5.5	5	25	√



12	6:00	wet+	wet+	wet+	6	7	6.5	25	√
	8:00	wet+	wet+	wet+	6	7	6	27	√
	10:00	wet	wet	Wet	5.5	6.5	5.5	28	√
	12:00	wet	wet	Wet	5	5.5	6.5	29	√
	14:00	wet	wet	Wet	7	6	6.5	30	√
	16:00	wet	wet	Wet	7	6	6.5	30	√
	18:00	wet	wet	Wet	5	6	5.5	29	√
	20:00	wet	wet	Wet	5	6.5	5.5	28	√
	22:00	wet	wet	Wet	6	7	5	28	√
	0:00	wet	wet	Wet	6.5	7	6	27	√
	2:00	nor	nor	Nor	6.5	6	5.5	26	√
	4:00	nor	nor	Nor	5	6	5.5	26	√
13	6:00	wet+	wet+	wet+	6.5	7	6.5	25	√
	8:00	wet+	wet+	wet+	6.5	7	6.5	26	√
	10:00	wet	wet	Wet	6.5	7	6	30	√
	12:00	wet	wet	Wet	6	6.5	6	31	√
	14:00	wet	wet	Wet	5.5	6	6	32	√
	16:00	wet	wet	Wet	5.5	6	5	31	√
	18:00	wet	wet	Wet	6.5	6.5	6	30	√
	20:00	wet	wet	Wet	5.5	6	6.5	29	√
	22:00	wet	wet	Wet	6	6	6	28	√
	0:00	wet	wet	Wet	6	5.5	6	27	√
	2:00	wet	wet	Wet	5.5	5.5	5.5	27	√
	4:00	wet	wet	Wet	5.5	5	5.5	26	√
14	6:00	wet+	wet+	wet+	6	7	6.5	26	√
	8:00	wet+	wet+	wet+	6	7	6	29	√
	10:00	wet	wet	Wet	5.5	6.5	6.5	30	√
	12:00	wet	wet	Wet	7	7	6.5	31	√
	14:00	wet	wet	Wet	5	7	5	32	√
	16:00	wet	wet	Wet	5	5.5	5	30	√
	18:00	wet	wet	Wet	5.5	5.5	6.5	29	√
	20:00	nor	nor	Nor	6.5	6.5	6	28	√
	22:00	nor	nor	Nor	5	5.5	6	27	√
	0:00	nor	nor	Nor	5	5.5	6	26	√
	2:00	nor	nor	Nor	5.5	6.5	7	26	√
	4:00	nor	nor	Nor	5.5	5.5	6.5	26	√
15	6:00	wet+	wet+	wet+	5.5	5.5	5	27	√
	8:00	wet+	wet+	Wet	5.5	5.5	5	28	√
	10:00	wet	wet	Wet	5	5.5	5.5	31	√
	12:00	wet	wet	Wet	6.5	7	6.5	32	√
	14:00	wet	wet	Wet	7	6.5	6.5	31	√

16:00	wet	wet	Wet	7	7	6.5	31	√
18:00	wet	wet	Wet	7	6.5	7	30	√
20:00	wet	wet	Wet	5.5	6.5	7	29	√
22:00	wet	wet	Wet	5.5	6.5	7	29	√
0:00	wet	wet	Wet	5.5	7	7	28	√
2:00	wet	wet	Wet	6	7	6	28	√
4:00	nor	wet	Nor	6.5	6.5	5.5	26	√



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
**ALAUDDIN**  
 M A K A S S A R

The logo of Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar is a stylized emblem. It features a central shield with a crescent moon and a star, flanked by two pillars. Above the shield is a large, pointed archway. The entire logo is rendered in a light green color.

**LAMPIRAN II**

**DOKUMENTASI PENELITIAN**

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
**ALAUDDIN**  
M A K A S S A R

## A. Tahap Persiapan Alat dan Bahan

### 1. Alat



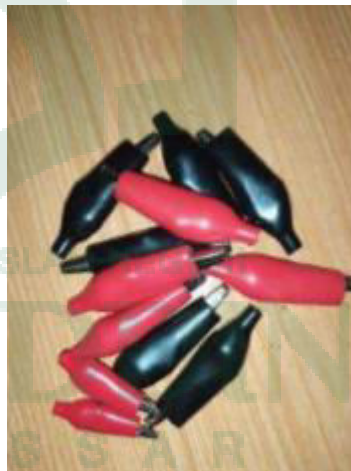
L1 Gunting



L2 Kabel Penghubung



L3 Multimeter



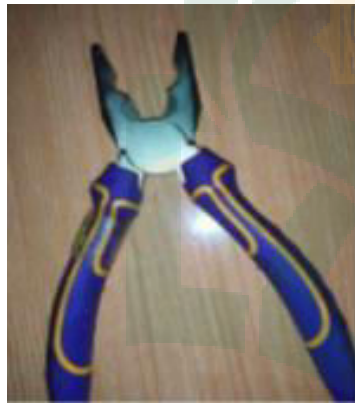
L4 Penjepit Buaya



L5 Pot Bunga



L6 Soil Meter



L8 Tang



L9 Gelas Ukur 1000 ml



L10 Termometer

L11 Multitester

## 2. Bahan



L12 Elektroda Grafik



L13 Elektroda Seng



L14 Lakban



L15 Led



L16 Tanah Humus

L17 Air



L18 Kadaka (*Asplenium Nidus*)



L19 Sri Rezeki (*Aglaonema*)



L20 Lidah Mertua (*Sansevieria*)



## B. Tahap Merangkai P-MFC



L21 Menghubungkan elektroda seng dengan kabel



L22 Menghubungkan elektroda grafit dengan kabel



L23 menimbang massa tanah yang akan digunakan

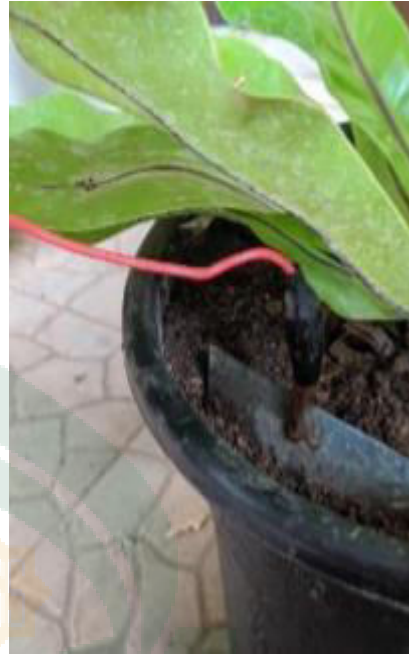


L24 penanaman elektroda grafit didalam pot





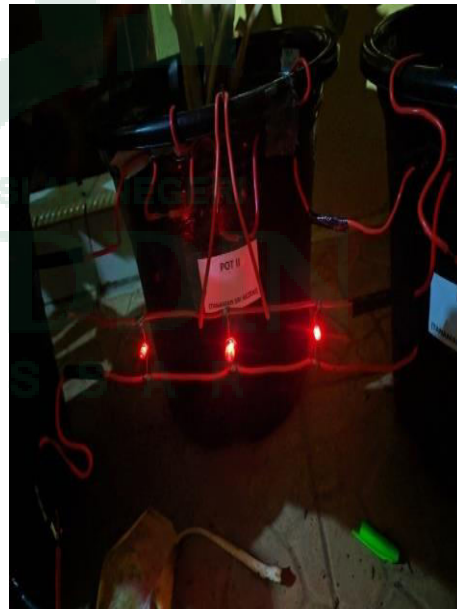
L25 proses penanaman tanaman



L26 penanaman elektroda seng sebagai katoda



L27 proses perangkaian sampel



L28 Merangkai ketiga sampel untuk menyalakan LED

### C. Tahap Pengambilan Data



L29 Proses penyiraman tanaman 30 menit sebelum pengukuran



L30 Mengukur Arus dan Tegangan



L31 Mengukur kelembaban tanah



## BIODATA

**Sarina B** adalah nama penulis skripsi ini. Penulis lahir dari orang tua Baddu dan Ruga sebagai anak ke-keempat dari lima bersaudara. Penulis dilahirkan di nangka-nangkae, Desa Patallasang, Kecamatan Labakkang, Kabupaten Pangkep pada tanggal 15 Maret 1997. Penulis menempuh pendidikan dimulai dari SDN 26 Tamanroja (lulus tahun 2010). Melanjutkan ke SMPN 1 Labakkang (lulus tahun 2013) dan kemudian SMAN 1 Penrang (lulus tahun 2016). Hingga akhirnya bisa berkuliah di Fakultas Sains dan Teknologi Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar (UINAM).

Penulis juga adalah sepijabat bergabung dengan beberapa organisasi yang ada di dalam kampus seperti NJC, ESA dan menjadi anggota pengurus himpunan jurusan fisika dibidang minat dan bakat serta menjadi anggota di IPPM pangkep

Dengan ketekunan yang tinggi dan usaha yang gigih serta doa yang tak henti-hentinya, penulis akhirnya telah berhasil menyelesaikan tugas akhir skripsi ini. Semoga dengan penulisan tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan dan dunia kerja.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa sukur yang sebesar-besarnya atas terselesaikannya skripsi yang berjudul **“Studi Potensi Energi Listrik Dari Tanaman Hias Dengan Metode *Plant Microbial Fuel Cell* (P-MF)”**

MAKASSAR